ISSN 2415-3354 (Print) **ISSN 2415-3362 (Online)**

ВІСНИК

ПОЛТАВСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АГРАРНОЇ АКАДЕМІЇ

2'2022

Матеріали друкуються мовами оригіналів – українською та англійською

Науково-виробничий фаховий журнал
2022, № 2 (105)

ВІСНИК ПОЛТАВСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АГРАРНОЇ АКАДЕМІЇ

BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY

Адреса редакції:
36003, м. Полтава,
вул. Г. Сковороди, 1/3,
Полтавський державний
аграрний університет,
редакційно-видавничий відділ
e-mail: visnyk@pdaa.edu.ua
http://www.pdaa.edu.ua
https://doi.org/10.31210/visnyk

ЗАСНОВНИК –
Полтавський державний
аграрний університет.
Видається з грудня 1998 року.
Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ № 17244-6014 ПР від 21.10.2010 р.

© «Вісник Полтавської державної аграрної академії», 2022

ISSN 2415-3354 (Print) **ISSN 2415-3362 (Online)**

ВІСНИК

POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY

2'2022

Materials are published in original languages – Ukrainian and English

Scientific and production professional journal
2022, № 2 (105)

ВІСНИК ПОЛТАВСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АГРАРНОЇ АКАДЕМІЇ

BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY

Editorial board address:
1/3, Skovorody str.,
Poltava, 36003
Ukraine,
Poltava State Agrarian University,
Editorial and Publishing Department
e-mail: visnyk@pdaa.edu.ua
http://www.pdaa.edu.ua
https://doi.org/10.31210/visnyk

FOUNDER –
Poltava State Agrarian University.
Has been issued since December 1998.
Certificate of state registration
KV No. 17244-6014 PR of October 21, 2010.

© Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, 2022

Науково-виробничий фаховий журнал *Вісник Полтавської державної аграрної академії* включено до «Переліку наукових фахових видань України» **Категорія Б**, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії з сільськогосподарських, ветеринарних та технічних наук (наказ Міністерства освіти і науки України № 409 від 17.03.2020 р. та № 866 від 02.07.2020 р).

Виходить чотири рази на рік.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Голова Редакційної ради
В. І. АРАНЧІЙ, к. екон. наук (Україна)
Головний редактор
О. О. ГОРБ, к. с.–г. наук, (Україна)
Заступники голови Редакційної ради
М. С. САМОЙЛІК, д. екон. наук, (Україна)
Т. О. ЧАЙКА, к. екон. наук (Україна)
Заступник головного редактора
П. В. ПИСАРЕНКО, д. с.–г. наук, (Україна)

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ РАДИ

Редакційна колегія з галузі «Сільське господарство»:
А. ДОЛГАНЬЧУК-ШЬРУДКА, док. габ. (Польща)
А. В. КАЛІНІЧЕНКО, д. с.–г. наук, (Україна, Польща)
І. В. КОРОТКОВА, к. хім. наук (Україна)
В. Ю. КРИКУНОВА, к. хім. наук (Україна)
М. М. МАРЕНИЧ, к. с.–г. наук, (Україна)
Н. М. ОПАРА, к. с.–г. наук, (Україна)
В. М. ПИСАРЕНКО, д. с.–г. наук, (Україна)
А. А. ПОЛІЩУК, д. с.–г. наук, (Україна)
С. В. ПОСПІЄЛОВ, д. с.–г. наук, (Україна)
М. РАЙФУР, док. габ (Польща)
Т. П. РОМАШКО, к. хім. наук (Україна)
А. О. ТАРАНЕНКО, к. с.–г. наук, (Україна)
А. М. ШОСТЯ, к. с.–г. наук, (Україна)

Редакційна колегія з галузі «Ветеринарна медицина»:
А. А. АНТІПОВ, к. вет. наук (Україна)
В. П. БЕРДНИК, д. вет. н. (Україна)
О. О. БОЙКО, к. біол. наук (Україна)
О. Б. ГРЕБЕНЬ, к. біол. наук (Україна)
В. О. ЄВСТАФ'ЄВА, д. вет. н. (Україна)
Б. П. КИРИЧКО, д. вет. н. (Україна)
Л. М. КОРЧАН, к. вет. наук (Україна)
О. В. КРУЧИНЕНКО, д. вет. наук (Україна)
Т. А. КУЗЬМІНА, к. біол. наук (Україна)
С. М. КУЛИНИЧ, д. вет. н. (Україна)
Т. П. ЛОКЕС-КРУПКА, к. вет. наук (Україна)
В. В. МЕЛЬНИЧУК, к. вет. наук (Україна)
О. Б. ПРИЙМА, к. вет. наук (Україна)

Редакційна колегія з галузі «Технічні науки»:
О. В. ГОРИК, д. тех. наук (Україна)
І. А. ДУДНІКОВ, к. тех. наук (Україна)
С. Б. КОВАЛЬЧУК, к. тех. наук (Україна)
О. М. КОСТЕНКО, д. тех. наук (Україна)
В. М. САКАЛО, к. тех. наук (Україна)
В. О. СУКМАНОВ, д. тех. наук (Україна)
В. О. ШЕЙЧЕНКО, д. тех. наук (Україна)

Члени Ради почесних членів:
А. БРЗОЗОВСКА, д. екон. наук (Польща)
З. ДАЦКО-ПІКІЄВІЧ, док. габ. (Польща)
О. ПЕРЕХОЖУК, д. екон. наук (Німеччина)
В. М. САМОРОДОВ, заслужений винахідник України (Україна)

Журнал рекомендовано до друку за рішенням вченої ради Полтавського державного аграрного університету (протокол № 18 від 23.06.2022 р.)

Назва, концепція, зміст і дизайн «Вісника ПДАА» є інтелектуальною власністю Полтавського державного аграрного університету й охороняється Законом України «Про авторські та суміжні права». Матеріали друкуються мовою оригіналу. У разі передруковування посилання на «Вісник ПДАА» є обов'язковим.

«***Вісник Полтавської державної аграрної академії***» індексується у електронних бібліотеках, каталогах, репозиторіях та міжнародних наукометричних базах даних: GOOGLE SCHOLAR, INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL, SCIENTIFIC LITERATURE (SCILIT), УКРАЇНІКА НАУКОВА, DIMENSIONS, CrossRef, Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського, BASE (Bielefeld Academic Search Engine.

За точність перекладу, цифр, географічних назв, власних імен, цитат та іншої інформації несе відповідальність автор.

Видавець – редакційно-видавничий відділ Полтавського державного аграрного університету:
36003, м. Полтава, вул. Г. Сковороди, 1/3, корп. 4,
каб. 510,
e-mail: visnyk@pdaa.edu.ua

Scientific-production professional journal *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy* is included in the "List of scientific professional editions of Ukraine" **Category B**, in which the results of thesis papers for Doctor of Sciences, Candidate of Sciences, and Ph.D degrees in agricultural, veterinary, and technical sciences can be published (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine №409 dated 17.03.2020 and №886 dated 02.07.2020).

The journal is published four times a year.

EDITORIAL BOARD:

Chief of Editorial Counci
V. I. ARANCHIY, Cand. Econ. Sci. (Ukraine)
Editor-in-chief
O. O. GORB, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)
Deputy Head of Editorial Council
M. S. SAMOILIK, Dr. Econ. Sci. (Ukraine)
T. O. CHAIKA, Cand. Econ. Sci. Professor (Ukraine)
Deputy Chief Editor
P. V. PYSARENKO, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

MEMBERS OF THE EDITORIAL COUNCIL

Editorial board in the field of «Agriculture»:
A. DOLHANCZUK-SRODKA, Dr. hab. (Poland)
A. V. KALINICHENKO, Dr. Econ. Sci. (Ukraine, Poland)
I. V. KOROTKOVA, Cand. Chem. Sci. (Ukraine)
V. YU. KRYKUNOVA, Cand. Chem. Sci. (Ukraine)
M. M. MARENYCH, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)
N. M. OPARA, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)
V. M. PYSARENKO, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)
A. A. POLISHCHUK, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)
S. V. POSPIELOV, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)
M. RAJFUR, Dr. hab. (Poland)
T. P. ROMASHKO, Cand. Chem. Sci. (Ukraine)
A. O. TARANENKO, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)
A. M. SHOSTIA, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

Editorial Board in the field of «Veterinary Medicine»:
A. A. ANTIPOV, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)
V. P. BERDNYK, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)
O. O. BOYKO, Cand. Biol. Sci. (Ukraine)
O. B. GREBEN, Cand. Biol. Sci. (Ukraine)
V. O. YEVSTAFIEVA, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)
B. P. KYRYCHKO, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)
L. M. KORCHAN, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)
O. V. KRUCHYNENKO, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)
T. A. KUZMINA, Cand. Biol. Sci. (Ukraine)
S. M. KULYNYCH, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)
T. P. LOKES-KRUPKA, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)
V. V. MELNYCHUK, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)
O. B. PRIJMA, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

Editorial Board in the field of «Technical Sciences»:
O. V. HORYK, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)
I. A. DUDNIKOV, Cand. Tech. Sci. (Ukraine)
S. B. KOVALCHUK, Cand. Tech. Sci. (Ukraine)
O. M. KOSTENKO, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)
V. M. SAKALO, Cand. Tech. Sci. (Ukraine)
V. O. SUKMANOV, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)
V. O. SHEICHENKO, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)

Members of Council:
A. BRZOZOWSKA, Dr. Econ. Sci. (Poland)
Z. DACKO-PIKIEWICZ**,** Dr. hab. (Poland)
O PEREKHOZHUK, Dr. Econ. Sci. (Germany)
V. M. SAMORODOV, Honored inventor of Ukraine (Ukraine)

The journal is recommended for publication by the decision of the Academic Council of Poltava State Agrarian University (protocol No. 18 of 23.06.2022).

The title, conception, content, and design of the "Bulletin of Poltava State Agrarian Academy" are intellectual property of Poltava State Agrarian University and are protected by the Law of Ukraine "On Copyright and Related Rights." Materials are published in original language. In case of reprinting, the reference to the "Bulletin of Poltava State Agrarian Academy" is compulsory.

«*Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*» is indexed in electronic libraries, catalogs, repositories and international scientometric databases: GOOGLE SCHOLAR, INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL, SCIENTIFIC LITERATURE (SCILIT), УКРАЇНІКА НАУКОВА, DIMENSIONS, CrossRef, Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського, BASE (Bielefeld Academic Search Engine).

The author is responsible for accuracy of translation, figures, geographic names, proper names, citations, bibliography and other information provided.

Publisher – Editorial and Publishing Department of Poltava State Agrarian University: 36003 1/3, Skovorody str., Poltava, building 4, office 510, e-mail: visnyk@pdaa.edu.ua

ЗМІСТ

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

Вінюков О. О., Чугрій Г. А., Поплевко В. І., Шульц П., Скнипа Н. Л. Вплив мікробіологічних препаратів на фізіологічні процеси формування зернової продуктивності пшениці озимої 11

Польовий А. М., Микитюк О. Ю., Божко Л. Ю., Барсукова О. А. Оцінка просторової мінливості показників родючості чорноземних ґрунтів геостатистичними методами 21

Ляшенко В. В., Сахно Т. В., Тригуб О. В., Семенов А. О. Фізіологічна реакція рослин сортів гречки посівної *Fagopyrum esculentum* Moench за умови різних режимів гідропраймінгу на ранніх етапах онтогенезу 30

Мосійчук І. І., Безноско І. В., Горган Т. М., Гаврилюк Л. В., Мінералова В. О. Вплив біологічних препаратів на чисельність мікроміцетів ризосферного ґрунту рослин ячменю ярого..... 39

Гангур В. В., Космінський О. О., Лень О. І., Тоцький В. М. Вплив удобрення на продуктивність соняшнику та якість насіння..... 50

Костенко М. П. Формування фотосинтетичних параметрів посівів та біологічної врожайності сортів проса залежно від способів сівби та попередників 57

Філоненко С. В., Тищенко М. В., Райда В. В. Ефективність позакореневого внесення регуляторів росту на посівах буряків цукрових 66

Рожко І. І., Кулик М. І. Оцінка сортів проса прутоподібного за врожайністю біомаси 75

Юрченко С. О., Шакалій С. М., Баган А.В. Вплив строків сівби на урожайність сортів арахісу (*Arachis hypogaea* L.) 85

Маренич М. М., Дяжук Р. У. Економічна ефективність вирощування органічної пшениці в умовах недостатнього зволоження Степу України 92

*Білявський Ю. В., Білявська Л. Г. Сокирко М. П.*Сортозміна в досліді «Беззмінне вирощування жита озимого» 100

Ласло О. О. Показники ефективності застосування регуляторів росту рослин у технології вирощування соняшнику за умов глобальних кліматичних змін 107

Шовкова О. В. Продуктивність сортів сої ранньостиглої групи в умовах Лівобережного Лісостепу України 113

Міленко О. Г., Соломон Ю. В., Вегеренко В. С. Вплив агротехнічних факторів на урожайність сої 119

Поспєлова Г. Д., Коваленко Н. П., Нечипоренко Н. І., Шерстюк О. Л., Морозов О. М. Вплив передпосівної обробки на посівні якості та фітосанітарний стан насіння нуту 127

Чайка Т. О., Бараболя О. В. Вплив пошкодження зерна пшениці озимої клопом шкідлива черепашка (*Eurygaster integriceps* Put.) на її врожайність та якість зерна..... 135

Самородов В. М., Поспєлов С. В. Професор Анастасій Зайкевич (1842–1931): Полтавський портрет на тлі часу..... 142

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ЕКОЛОГІЯ

Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Цьова Ю. А., Німець К. П. Екотоксикологічна оцінка впливу звалищ твердих побутових відходів на прилеглі агроценози 149

Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Тараненко А. О., Галицька М. А., Німець О. М. Агроекологічні особливості дії природних розсолів та мінералів на ґрунтові мікроорганізми.....157

Шевчук С. М., Пуденко О. Р. Можливості використання технологій ГІС та ДЗЗ при екологічному моніторингу Макухівського сміттєзвалища в Полтавській області 165

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ТВАРИННИЦТВО

Повод М. Г., Андрєєва Д. М., Лихач А. В., Дещенко О. С., Лихач В. Я., Рєзніченко В. І., Бондарська О. М. Передвоєнний стан вітчизняного свинарства 175

Усенко С. О., Сябро А. С. Механізми впливу міді на відтворну здатність самців 186

Халак В. І., Гутий Б. В., Ільченко М. О., Шостя А. М., Усенко С. О., Петулько П. В. Ефективність використання деяких полікомпонентних математичних моделей селекційних індексів для оцінки молодняку свиней за відгодівельними і м'ясними якостями 197

Мироненко О. І., Усачова В. Є. Вплив комплексної кормової добавки на обмін заліза в організмі поросят на дорощуванні 205

ВЕТЕРИНАРНА МЕДИЦИНА

Євстаф'єва В. О., Горб К. О., Мельничук В. В., Нікіфорова О. В., Петренко М. О. Локалізація бліх роду *Ctenocephalides* на тілі собак під час застосування лікувальних заходів 212

Кулинич С. М., Крамаренко В. В., Зезекало М. А., Омельченко Г. О., Авраменко Н. О. Ефективність проведення ортопедичної розчистки копит у коней 223

Локес-Крупка Т. П., Цвіліховський М. І., Кравченко С.О., Бурда Т. Л. Зміни клінічного та гематологічного статусів у чілійських білок Дегу за наявності цукрового діабету 232

Омельяненко О. Є. Вплив агоністів α2 – адренорецепторів на організм лабораторних мишей за умови тривалого використання 239

Зажарський В. В., Аліфонова К. В. Особливості інфікування жуків мікобактеріями та їх вплив на життєздатність збудника 248

Киричко Б. П., Звенігородська Т. В. Використання ультразвукового дослідження як методу діагностики патологій гепатобіліарної системи у дрібних тварин 256

Тішкіна Н. М., Сапронова В. О., Римський В. В. Клінічні випадки гіпертрофічної кардіоміопатії у котів 263

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Костенко О. М., Шпилька М. М., Лапенко Т. Г., Дудник В. В., Дрожчана О. У., Клименко А. В., Шпилька А. М. Дослідження ефективності гнучкого захисту об'єктів від механічних пошкоджень 269

Антонець А. В., Флегантов Л. О., Арендаренко В. М., Іванов О. М., Япринець Т. С. Експериментальна перевірка адекватності аналітичної моделі гравітаційного руху зерна у гвинтовому каналі з двома змінними кутами нахилу 277

Скрипник В. О., Пономаренко Б. Г. Можливість використання наявних способів для сушіння жареного м'яса 287

Шейченко В. О., Вольський В. А., Коцюбанський Р. В., Скоряк Ю. Б., Прілєпо Н. В. Аналіз роботи ножів котка-подрібнювача за умови його кочення по ґрунту 296

CONTENTS

AGRICULTURE. PLANT GROWING

Vinyukov O., Chuhrii H., Poplevko V., Szulc P., Sknypa N. Influence of microbiological preparations on physiological processes of formation of grain productivity of winter wheat 11

Polyovyi A., Mikityuk O., Bozhko L., Barsukova O. Evaluation of spatial variability of fertility indicators of chernozem soils by geostatistical methods..... 21

Liashenko V., Sakhno T., Tryhub O., Semenov A. Physiological reaction of plants of Fagopyrum esculentum Moench buckwheat varieties under different hydropriming regimes in the early stages of ontogenesis 30

Mosiychuk I., Beznosko I., Gorgan T., Havrylyuk L., Mineralova V. Influence of biological preparations on the number micromycetes of rhizospheric soil the spring barley plants..... 39

Hanhur V., Kosminskyi O., Len O., Totskyi V. Influence of fertilizer on sunflower productivity and seed quality 50

Kostenko M. Formation of photosynthetic parameters of planting and biological yield of millet varieties depending on methods of sowing and intercropping 57

Filonenko S., Tyshchenko M., Raida V. The effectiveness of growth regulators' foliar application on sugar beet plantings 66

Rozhko I., Kulyk M. Evaluation of switchgrass varieties by biomass yield..... 75

Yurchenko S., Shakalii S., Bahan A. Influence of sowing times on yield of peanut varieties (*Arachis hypogaea* L.) 85

Marenych M., Dyazhuk R. Economic efficiency of organic wheat cultivation under insufficient moistening of Ukrainian Steppe 92

Biliavskyi Yu., Biliavska L., & Sokyrko M. Varietal replacement in the experiment "Continuous cultivation of winter rye"..... 100

Laslo O. Indicators of efficiency of application of plant growth regulators in sunflower growing technology in the conditions of global climate change..... 107

Shovkova O. Productivity of early maturing soybean varieties in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine.....113

Milenko O., Solomon Yu., Veherenko V. Impact of agrotechnical factors on soybean yields 119

Pospielova G., Kovalenko N., Nechiporenko N., Sherstiuk O., Morozov O. Influence of pre-seed treatment on sowing qualities and phytosanitary condition of nuttle seeds..... 127

Chaika T., Barabolia O. Impact of damage of winter grain wheat by the corn bug (*Eurygaster integriceps* Put.) on the crop and grain quality..... 135

Samorodov V., Pospelov S. Professor Anastasii Zaikevych (1842–1931): Poltava portrait on the background of time..... 142

GRICULTURE. ECOLOGY

Pysarenko P., Samoilik M., Dychenko O., Ts'ova Yu., Nimets K. Ecological and toxicological assessment of municipal solid waste landfills' impact on adjoining agro-ecosystems..... 149

Pysarenko P., Samoilik M., Dychenko O., Taranenko A., Galytska M., Nimets O. Agro-ecological peculiarities of natural brines and minerals' impact on soil microorganisms..... 157

Shevchuk S., Pudenko O. Possibilities of using geo-informational systems and remote land sounding technologies in environmental monitoring of Makukhivka dump in Poltava region. 165

AGRICULTURE. ANIMAL BREEDING

Povod M., Andrieieva D., Lykhach A., Deschenko O., Lykhach V., Reznichenko V., Bondarskaya O. Pre-war state of domestic pig breeding 175

Usenko S., Siabro A. Mechanisms of the influence of copper on the reproductive ability of males. 186

Khalak V., Gutyj B., Il'chenko M., Shostya A., Usenko S., Petulko P. Efficiency of using some polycomponent mathematical models of selection indices for evaluation of young pigs for fattening and meat qualities 197

Myronenko O., Usachova V. The effect of complex feed supplement on iron metabolism in the organism of rearing piglets 205

VETERINARY MEDICINE

Yevstafieva V., Horb K., Melnychuk V., Nikiforova O., Petrenko M. Localization of fleas of the genus *Ctenocephalides* on the dogs' bodies in the treatment process 212

Kulynych S., Cramarenko V., Zezekalo M., Omelchenko A., Avramenko N. Efficiency of orthopedic cleaning of horses' hooves 223

Lokes-Krupka T.,Tsvilichovsky M., Kravchenko S., Burda T. Changes in clinical and hematological statuses in the chilean whites of Degu for diabetes 232

Omelyanenko A. The effect of α2-adrenoceptor agonists on the body of laboratory mice with its long-term use 239

Zazharskyi V., Alifonova K. Features of beetle infection with mycobacteria and their influence on the viability of the pathogens 248

Kyrychko B., Zvenihorodska T. Use of ultrasound examination as a method of diagnosis of pathologies of the hepatobiliary system of small animals 256

Tishkina N., Sapronova V., Rimsky V. Clinical cases of hypertrophic cardiomyopathy in cats 263

TECHNICAL SCIENCES

Kostenko O., Shpylka M., Lapenko T., Dudnyk V., Drozhchana O., Klymenko A., Shpylka A. Research of the efficiency of flexible protection of objects from mechanical damage 269

Antonets A., Flegantov L., Arendarenko V., Ivanov O., Yaprynets T. Experimental verification of the adequacy of the analytical model of gravitational grain movement in a screw channel with two variable angles 277

Skrypnyk V., Ponomarenko B. The possibility of applying of existing methods for the fried meat drying process 287

Sheichenko V., Volskyi V., Kotsiubanskyi R., Skoriak Y., Priliepo N. Analysis of the operation of the blades of the skating rink – chopper in the conditions of its rolling on the ground 296

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

Agriculture. Plant growing

BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY

ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)

https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 633.111.1 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.01**

INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS ON PHYSIOLOGICAL PROCESSES OF FORMATION OF GRAIN PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT

O. Vinyukov[1] ORCID 0000-0002-2957-5487
H. Chuhrii[1]* ORCID 0000-0001-5612-9135
V. Poplevko[2] ORCID 0000-0002-2100-0179
P. Szulc[3] ORCID 0000-0002-9670-3231
N. Sknypa[4] ORCID 0000-0001-5612-9135

[1] Donetsk State Agricultural Science Station of NAAS of Ukraine, 1 Zakhysnykiv Ukrainy Str., Pokrovsk, Donetsk region, 85307, Ukraine
[2] Grodno State Agrarian University, 28 Tereshkova Str., Grodno, Belarus
[3] Poznan University of Life Sciences, 28 Wojska Polskiego Str., Poznan, 60-637, Poland
[4] Luhansk National Agrarian University, 23 Svobody Str., Slovyansk, Donetsk region, 94100, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: anna-ch-y@ukr.net

How to Cite

Vinyukov, O., Chuhrii, H., Poplevko, V., Szulc, P., & Sknypa, N. (2022). Influence of microbiological preparations on physiological processes of formation of grain productivity of winter wheat. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 11–20. doi: 10.31210/visnyk2022.02.01

The article defines the influence of microbiological preparations on the physiological processes of the formation of grain productivity of winter wheat. The impact of climatic changes depending on the zone of winter wheat cultivation is determined. The study established that seed inoculation with microbiological preparations improved the course of particular physiological processes, especially the accumulation of chlorophyll in leaves. It was found that the autumn vegetation of winter crops in the years of research contributed to the increase in chlorophyll content in the vegetative parts of plants. At the end of the autumn growing season, all options where seed inoculation had been used provided an increase in the chlorophyll content compared to the control from 0.3 to 0.6 mg/g (automated calculation system). During the recovery of vegetation, the chlorophyll content decreased compared to the autumn indicators. It was found that the use of microbiological preparations in winter wheat cultivation technologies helps to increase the supply of nutrients to plants, which stimulates the development of plants during the growing season, and, as a result, increases the parameters of the crop structure. Variants with the spraying of crops affected the length of the ear, provided an increase compared to the control variant by 4.1 % (due to spraying crops with GumiFriend in the fall at the beginning of the tillering phase) and by 6.9 % (when spraying crops with this preparation in the spring in the phase of emergence into the tube). It is proved that the level of grain productivity of plants is a significant manifestation of the influence of the proposed element of the technological process of growing crops. It was established that during the years of research, the most significant yield increase was due to the inoculation of seeds with the Melanoriz preparation (12.49 % under the control). The addition of HelpRost inoculant to this preparation increased the yield compared to the control by 6.25 %, and its combination with GumiFriend – by 7.37%.

Key words: *winter wheat, variety, variant, inoculation, chlorophyll, productivity, productivity.*

ВПЛИВ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ФІЗІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

***О. О. Вінюков*[1], *Г. А. Чугрій*[1], *В. І. Поплевко*[2], *П. Шульц*[3], *Н. Л. Скнипа*[4]**
[1] Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН України, м. Покровськ, Україна
[2] Гродненський державний аграрний університет, м. Гродно, Білорусь
[3] Університет природничих наук у Познані, м. Познань, Польща
[4] Луганський національний аграрний університет, м. Слов'янськ, Україна

У статті визначено вплив мікробіологічних препаратів на фізіологічні процеси формування зернової продуктивності пшениці озимої. Визначено вплив кліматичних змін залежно від зони вирощування пшениці озимої. Дослідження свідчать, що інокуляція насіння мікробіологічними препаратами покращувало перебіг окремих фізіологічних процесів, таких як накопичення хлорофілу в листках. Виявлено, що за умови осінньої вегетації рослин озимини в роки проведення досліджень сприяли нарощуванню вмісту хлорофілу у вегетативних частинах рослин. На час припинення осінньої вегетації всі варіанти, де застосовували інокуляцію насіння, забезпечили збільшення вмісту хлорофілу порівняно з контролем від 0,3 до 0,6 мг/г а.с.р. Доведено, що на час відновлення вегетації вміст хлорофілу зменшувався порівняно з осінніми показниками. Визначено, що використання мікробіологічних препаратів у технологіях вирощування пшениці озимої сприяє посиленню надходження поживних речовин до рослин, що стимулює розвиток рослин протягом вегетації, та, як наслідок, підвищує показники структури врожаю. Проаналізовано, що варіанти, де використовували інокуляцію насіння, та варіанти з обприскуванням посівів вплинули на довжину колосу, забезпечивши прибавку до контрольного варіанта на 4,1 %, за рахунок обприскування посівів восени на початку фази кущіння та на 6,9 % при обприскуванні посівів навесні у фазі виходу у трубку препаратом ГуміФренд. Доведено, що суттєвим проявом впливу запропонованого елементу технологічного процесу вирощування сільськогосподарських культур є рівень зернової продуктивності рослин. Встановлено, що за роки проведення досліджень найбільш суттєва прибавка врожайності була за умови інокуляції насіння препаратом Меланоріз (12,49 %, відповідно до контролю). Додавання до цього препарату інокулянта ХелпРост збільшувало урожайність порівняно з контролем на 6,25 %, а поєднання його з ГуміФрендом – на 7,37 %.

Ключові слова: *пшениця озима, сорт, варіант, інокуляція, хлорофіл, продуктивність, урожайність.*

Вступ

На сьогодні незалежно від зони вирощування одна з основних зернових культур країни – пшениця озима потерпає від кліматичних змін. Насамперед це пов'язано з нестабільністю опадів та, як наслідок, з посушливими явищами. Запобігти цьому можна шляхом оптимізації фізіологічних процесів протистояти посушливим явищам за рахунок використання мікробіологічних препаратів та регуляторів росту. Поєднання агротехнологічних заходів із генетичними можливостями сучасних сортів дають змогу стабілізувати зернову продуктивність рослин пшениці озимої [1, 2].

Пошук та розробка альтернативних елементів технології вирощування пшениці озимої, які базуються на біологізації виробничих процесів – одне з найактуальніших завдань сучасної аграрної науки. Такі елементи не тільки зменшать хімічне навантаження на агроценози, але і стабілізують фізіологічні процеси адаптації рослин до несприятливих умов навколишнього середовища [3].

Фотосинтетична діяльність рослин пшениці озимої є основою їх продуктивності і значною мірою залежить від вмісту пігментів у рослинах. Особливе значення мають зелені пігменти, хлорофіли *a* і *b* – чутливі індикатори фізіологічного стану рослин [4]. Кількість і функціональна активність цих пігментів є показником потенційної здатності рослин формувати біологічний урожай [5]. Зазначені пігменти беруть безпосередню участь у формуванні структури фотосинтетичного апарату, відіграють важливу роль у фотосинтетичних та фотохімічних реакціях, пов'язаних із поглинанням і трансформацією енергії, яка використовується у процесах синтезу речовин, необхідних для росту і розвитку рослин [6].

Аналіз інформаційних джерел результатів іноземних та вітчизняних досліджень свідчить, що вивчення впливу агротехнологічних заходів на вміст хлорофілу в рослинах пшениці озимої на

сьогодні є актуальним напрямом досліджень, мета яких встановити взаємозв'язки з фізіологічними процесами протягом вегетації рослин та їх продуктивністю [7–10].

Отримати високі врожаї якісного зерна пшениці озимої в Донецькому регіоні можливо за дотримання оптимальних умов вирощування, тобто певного комплексу зовнішніх факторів, які дозволять проявитися потенційним можливостям культури [11, 12]. Важлива роль при цьому належить активізації адаптаційних процесів, що певною мірою досягається науково обґрунтованим застосуванням агротехнічних прийомів, зокрема вибором сорту та застосуванням препаратів, які би послабили негативні впливи посушливих погодно-кліматичних умов, що останніми роками все більше посилюються в регіоні [13, 14].

Мета досліджень – розробка агротехнологічних заходів посилення фізіологічних процесів рослин пшениці озимоі для підвищення їх адаптивності та, як наслідок, продуктивності в умовах східної частини Північного Степу України.

Завдання досліджень: 1. Виявити реакцію рослин пшениці озимої при інокуляції насіння мікробіологічними препаратами. 2. Виявити вплив регуляторів росту на показники індивідуальної продуктивності рослин пшениці озимої.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження виконувались у польовій сівозміні ДП ДГ «Забойщик» ДДСДС НААН. Повторність у дослідах 3-и кратна. Розміщення ділянок – систематичне. Ґрунт – чорнозем звичайний малогумусний важкосуглинковий.

Для детального дослідження особливостей формування агроценозів рослин пшениці озимої в дослідах висівали внесений до Реєстру сорт пшениці озимої, рекомендований для вирощування у Степовій зоні України.

Дослідження проводили у польових дослідах, закладених за методом послідовних ділянок систематичним способом. Повторність у дослідах – триразова. Площа облікової ділянки становила 40–80 м^2.

Підготовка ґрунту в передпосівний період була спрямована на максимальне збереження і накопичення вологи у ґрунті та знищення бур'янів.

Сівбу здійснювали сівалкою СН-16 в агрегаті з трактором Т-25. Спосіб сівби – суцільний рядковий, із шириною міжрядь 15 см. Глибина загортання насіння в ґрунт 5–6 см. З метою покращання умов для його проростання проводили ущільнення ґрунту кільчасто-шпоровими котками ЗККШ – 6А. Збирання врожаю відбувалося селекційним комбайном Sampo 130.

Результати досліджень та їх обговорення

Серед факторів, які визначають рівень зернової продуктивності пшениці важливе місце посідає оптимальне забезпечення рослин елементами мінерального живлення за рахунок використання різних фонів живлення, а також органічних регуляторів росту. Це потребує постійного комплексного вивчення їх сумісної дії, а також впливу кожного фактора окремо на урожайність зерна та підвищення стабільності цих показників в умовах східної частини Північного Степу України [16–20].

У своїх дослідженнях ми проводили інокуляцію насіння пшениці озимої мікробіологічними препаратами для встановлення їхнього впливу на процеси вегетації рослин та формування їхньої продуктивності [21].

Дослідження свідчать, що інокуляція насіння мікробіологічними препаратами покращувало перебіг окремих фізіологічних процесів, таких як накопичення хлорофілу в листках (табл. 1).

Умови осінньої вегетації рослин озимини в роки проведення досліджень сприяли нарощуванню вмісту хлорофілу у вегетативних частинах рослин. Так, на час припинення осінньої вегетації всі варіанти, де застосовували інокуляцію насіння, забезпечили збільшення вмісту хлорофілу порівняно з контролем від 0,3 до 0,6 мг/г а.с.р. Серед варіантів виділилися ті, де до препарату Меланоріз додавали ГуміФренд або ХелпРост.

На час відновлення вегетації прогнозовано, що вміст хлорофілу зменшувався порівняно з осінніми показниками. Проте, якщо на контрольному варіанті вміст хлорофілу знизився на 0,5 мг/г а.с.р., то при інокуляції насіння сумішшю препаратів МікоФренд та ХелпРост зниження за цим показником було в межах 0,3 мг/г а.с.р.

1. Вміст хлорофілу (мг/г а.с.р.) в листках рослин пшениці озимої сорту Перемога залежно від варіанту досліду, 2018–2020 рр.

Варіант	припинення осінньої вегетації				відновлення весняної вегетації				вихід у трубку				колосіння			
	2018 р.	2019 р.	2020 р.	середнє	2018 р.	2019 р.	2020 р.	середнє	2018 р.	2019 р.	2020 р.	середнє	2018 р.	2019 р.	2020 р.	середнє
Контроль	8,7	8,4	8,5	8,5	8,1	7,9	8,0	8,0	7,7	7,6	7,8	7,7	7,3	7,1	7,2	7,2
МікоФренд, 1 л/т	8,9	8,7	8,8	8,8	8,6	8,0	8,4	8,3	7,9	7,7	7,8	7,8	7,3	7,5	7,4	7,4
Меланоріз, 1 л/т	9,2	8,7	8,8	8,9	8,6	8,0	8,2	8,3	8,0	7,9	7,9	7,9	7,5	7,5	7,4	7,5
ГуміФренд, 1 л/т	9,0	8,8	8,9	8,9	8,5	8,4	8,5	8,5	8,1	7,9	7,9	8,0	7,6	7,6	7,6	7,6
МікоФренд, 1 л/т + ГуміФренд, 1 л/т	9,1	9,1	8,7	9,0	8,6	8,6	8,8	8,7	7,9	7,8	7,9	7,9	7,7	7,5	7,6	7,6
Меланоріз, 1 л/т + ГуміФренд, 1 л/т	9,2	9,0	9,0	9,1	8,8	8,5	8,4	8,6	7,9	7,9	8,0	7,9	7,6	7,5	7,7	7,6
МікоФренд 1 л/т + ХелпРост, 1 л/т	9,1	8,9	8,9	9,0	8,8	8,6	8,5	8,7	8,1	8,2	8,1	8,1	7,8	7,6	7,7	7,7
Меланоріз, 1 л/т + ХелпРост, 1 л/т	8,9	9,3	9,1	9,1	8,5	8,6	8,6	8,6	8,0	8,1	8,1	8,1	7,6	7,6	7,6	7,6
ГуміФренд*, 0,5 л/га	8,2	8,3	8,0	8,4	8,0	7,8	8,1	7,9	8,1	8,1	8,0	8,1	7,7	7,7	7,7	7,7
ГуміФренд**, 0,5 л/га	8,8	8,1	8,3	8,4	8,0	8,2	8,0	8,0	8,1	7,7	7,6	7,9	7,8	7,9	7,8	7,8

Примітки: ГуміФренд** (обприскування посівів у фазу виходу у трубку 0,5 л/га).

У фазі виходу у трубку тривало пропорційне зниження вмісту хлорофілу в листках рослин пшениці озимої, проте обприскування посівів у фазі кущіння препаратом ГуміФренд, додатково забезпечило підвищення вмісту хлорофілу порівняно з періодом відновлення весняної вегетації. Тобто фізіологічно активні речовини, які входять до складу препарату ГуміФренд, посилювали асиміляційну здатність рослин і в результаті цього вміст хлорофілу на даному етапі був одним із найвищих серед інших варіантів досліду та перевищував контрольний варіант на 0,4 мг/г а.с.р.

Щодо стану рослин у фазі колосіння, то зниження вмісту хлорофілу продовжувалось через поступове відмирання нижнього ярусу листків. Лише на варіанті, де застосовували препарат ГуміФренд для обприскування рослин у фазі виходу у трубку, було відмічено зниження цього показника порівняно з попередньою фазою розвитку. Після додаткового живлення рослин активізувались фізіологічні процеси, які стимулювали розвиток прапорцевого листка, та дещо призупиняли процес відмирання нижніх листків. Саме це й дозволило рослинам зберегти хлорофіл у тій кількості, який був і на момент проведення обприскування.

Використання мікробіологічних препаратів у технологіях вирощування пшениці озимої сприяє посиленню надходження поживних речовин до рослин, що стимулює розвиток рослин протягом вегетації, та, як наслідок, підвищує показники структури врожаю (табл. 2).

Поряд з варіантами, де використовували інокуляцію насіння, варіанти з обприскуванням посівів також вплинули на довжину колосу, забезпечивши прибавку до контрольного варіанта на 4,1 %, за рахунок обприскування посівів восени на початку фази кущіння та на 6,9 % при обприскуванні посівів навесні у фазі виходу у трубку препаратом ГуміФренд.

2. Показники структури урожайності пшениці озимої залежно від елементу технології, 2018–2020 рр.

Варіант	Довжина колосу, см				Кількість зерен у колосі, шт.				Маса 1000 зерен, г			
	2018 р.	2019 р.	2020 р.	Середнє	2018 р.	2019 р.	2020 р.	Середнє	2018 р.	2019 р.	2020 р.	Середнє
Контроль	6,9	7,4	7,5	7,3	25,5	25,9	26,1	25,8	32,0	32,1	32,4	32,2
МікоФренд, 1 л/т	7,7	7,9	7,8	7,8	31,3	32,7	31,9	31,9	32,3	32,3	32,1	32,2
Меланоріз, 1 л/т	7,4	7,8	7,8	7,7	30,5	37,1	36,7	34,8	32,1	32,3	33,1	32,5
ГуміФренд, 1 л/т	7,3	7,8	7,6	7,6	30,0	35,6	36,2	33,9	32,4	32,5	34,0	32,9
МікоФренд, 1 л/т + ГуміФренд, 1 л/т	7,3	7,8	8,1	7,7	30,4	36,5	36,2	34,4	32,7	33,0	33,5	33,1
Меланоріз, 1 л/т + ГуміФренд, 1 л/т	7,7	8,0	8,2	7,9	31,6	35,8	34,9	34,1	33,1	31,9	32,2	32,4
МікоФренд 1 л/т + ХелпРост, 1 л/т	7,9	7,9	8,0	7,9	34,5	28,7	32,6	31,9	33,6	32,0	32,9	32,8
Меланоріз, 1 л/т + ХелпРост, 1 л/т	7,5	7,8	8,0	7,8	35,1	36,8	37,1	36,3	32,4	34,2	33,2	33,3
ГуміФренд*, 0,5 л/га	7,2	7,6	7,9	7,6	30,3	32,4	31,5	31,4	32,8	32,3	31,5	32,2
ГуміФренд**, 0,5 л/га	7,3	7,9	8,3	7,8	30,3	34,8	35,0	33,4	33,0	33,2	32,9	33,0

Примітки: тут, а також у табл. 3 та 4: Контроль – без обробки насіння й посівів; МікоФренд (обробка насіння, 1 л/т); Меланоріз (обробка насіння 1 л/т); ГуміФренд (обробка насіння 1 л/т); МікоФренд (обробка насіння 1 л/т) + ГуміФренд (обробка насіння 1 л/т); Меланоріз (обробка насіння 1 л/т) + ГуміФренд (обробка насіння 1 л/т); МікоФренд (обробка насіння 1 л/т) + ХелпРост (обробка насіння 1 л/т); Меланоріз (обробка насіня 1 л/т) + ХелпРост (обробка насіння 1 л/т); ГуміФренд* (обприскування посівів у фазу кущіння 0,5 л/га); ГуміФренд** (обприскування посівів у фазу виходу у трубку 0,5 л/га).

Кількість зерен у колосі також суттєво зростала при використанні препаратів, що вивчались. Вищі показники забезпечували варіанти з інокуляцією насіння, дещо нижчі – з обприскуванням вегетуючих посівів. Найвищий результат за цим показником був при інокуляції насіння сумішшю препаратів Меланоріз + ХелпРост (36,3 шт.), а найнижчим (31,4 шт.) – у разі обприскування посівів препаратом ГуміФренд у фазі кущіння.

Найменший вплив серед інших показників структури врожаю використання запропонованих варіантів забезпечувало на масу 1000 зерен. Прибавка до контролю варіювала в межах від 0,9 % до 3,4 %.

При аналізі впливу запропонованих елементів на показники зернової продуктивності рослин пшениці озимої застосовувався графічний алгоритм, який демонструє відсотковий приріст показників за умови використання біопрепаратів по відношенню до контролю [15] (рис. 1).

З рисунку видно, що найбільший вплив представлені у схемі досліду препарати здійснювали на кількість продуктивних стебел (37,9 %) та кількість зерен у колосі (34,9 %). Дещо меншою мірою дія препаратів відобразилась на приростi такого показника, як довжина колосу (8,2 %), і зовсім несуттєво (3,4 %) вплинула на приріст маси 1000 зерен.

Наведений принцип побудови графіків надає можливість визначити перевагу того чи того варіанту на показники структури врожайності, які демонструють пластичність конкретного сорту до ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Суть його полягає у проведенні розрахунків співвідношення в межах кожного графіка площ двох умовних трикутників ABC та ABD. Сума значень приросту показників у відсотках між вершинами A і B застосовується як основа трикутників, а приріст значень OC та OD – їх висоти. Показник площі трикутників розраховується в абстрактних одиницях (а.о.).

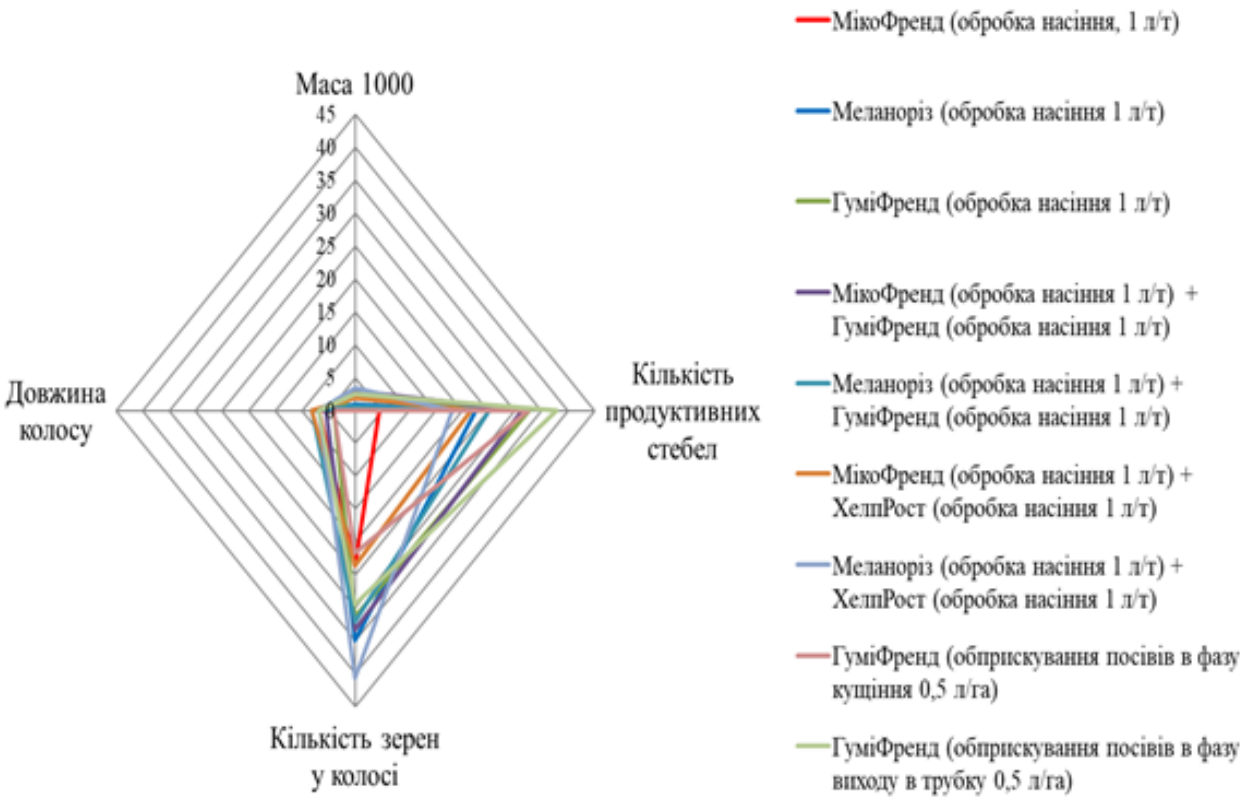


Рис. 1. Вплив регуляторів росту на показники індивідуальної продуктивності рослин пшениці озимої Перемога, середнє 2018–2020 рр.

Розрахунок площ умовних трикутників та їх співвідношення за кожним варіантом досліду було таким: МікоФренд (1 л/т) ABC – 53,1 а.о., ABD – 81,4 а.о.; Меланоріз (1 л/т) ABC – 406,3 а.о., ABD – 98,5 а.о.; ГуміФренд (1 л/т) ABC – 549,4 а.о., ABD – 68,9 а.о.; МікоФренд (1 л/т) + ГуміФренд (1 л/т) ABC – 568,3 а.о., ABD – 99,6 а.о.; Меланоріз (1 л/т) + ГуміФренд (1 л/т) ABC – 413,3 а.о., ABD – 134,5 а.о.; МікоФренд (1 л/т) + ХелпРост (1 л/т) ABC – 278,0 а.о., ABD – 104,6 а.о.; Меланоріз (1 л/т) + ХелпРост (1 л/т) ABC – 401,3 а.о., ABD – 152,2 а.о.; ГуміФренд (обприскування у фазі кущіння 0,5 л/га) ABC – 352,6 а.о., ABD – 44,5 а.о.; ГуміФренд (обприскування у фазі виходу у трубку 05, л/га) ABC – 606,4 а.о., ABD – 110,4 а.о.

За результатами розрахунків площ умовних трикутників найбільший показник трикутника ABC було досягнуто при обприскуванні посівів у фазі виходу у трубку препаратом ГуміФренд, тобто за цього варіанту посилювались генетична здатність сорту в напрямі збільшення кількості зерен у колосі та кількості продуктивних стебел. Найбільша площа трикутника ABD (134,5 а.о.) була при інокуляції насіння сумішшю препаратів Меланоріз + ГуміФренд. Саме цей варіант порівняно з іншими найбільше вплинув на формування показників довжина колосу та кількість зерен у колосі.

Проте вплив варіантів обробок на посилення пластичності сорту до навколишніх умов проявляється тоді, коли показники площ умовних трикутників ABC та ABD найбільше збігаються. Найменша різниця між умовними трикутниками була у разі інокуляції насіння МікоФрендом та сумішшю МікоФренд + ХелпРост, тобто ці варіанти більш рівномірно впливали на основні показники структури врожаю пшениці озимої, які найбільше розкривають пластичність того чи того сорту.

Найбільш суттєвим проявом впливу запропонованого елементу технологічного процесу вирощування сільськогосподарських культур є рівень зернової продуктивності рослин. Саме врожайність демонструє, на скільки той чи той елемент технології забезпечує збереження потенціалу протягом періоду вегетації культури та демонструє адаптивний потенціал елементу до конкретних умов вирощування (табл. 3, рис. 2).

3. Урожайність пшениці озимої сорту Перемога, 2018–2020 рр.

Варіант	Урожайність т/га				Прибавка	
	2018 р.	2019 р.	2020 р.	Середнє	т/га	%
Контроль	7,70	8,21	8,11	8,01	-	-
МікоФренд, 1 л/т	7,89	8,60	8,41	8,30	+0,29	+3,62
Меланоріз, 1 л/т	8,61	9,71	8,71	9,01	+1,00	+12,49
ГуміФренд, 1 л/т	8,22	9,08	8,90	8,74	+0,73	+9,12
МікоФренд, 1 л/т + ГуміФренд, 1 л/т	8,33	9,26	9,06	8,89	+0,88	+10,99
Меланоріз, 1 л/т + ГуміФренд, 1 л/т	8,01	8,75	9,04	8,60	+0,59	+7,37
МікоФренд 1 л/т + ХелпРост, 1 л/т	7,85	8,59	8,43	8,29	+0,28	+3,50
Меланоріз, 1 л/т + ХелпРост, 1 л/т	7,90	8,71	8,90	8,51	+0,50	+6,25
ГуміФренд*, 0,5 л/га	8,03	8,36	8,61	8,34	+0,33	+4,12
ГуміФренд**, 0,5 л/га	8,02	8,33	8,38	8,25	+0,24	+3,00
$НІР_{0,5}$	0,11	0,20	0,25			

За роки проведення досліджень найбільш суттєва прибавка врожайності була за умови інокуляції насіння препаратом Меланоріз (12,49 %, відповідно до контролю). Додавання до цього препарату інокулянта ХелпРост збільшувало урожайність порівняно з контролем на 6,25 %, а поєднання його з ГуміФрендом – на 7,37 %.

Майже однаковий результат з Меланорізом (10,99 %, порівняно з контролем) демонструвало поєднання препаратів МікоФренд + Гуміфренд для інокуляції насіння.

Достатньо високий рівень урожайності (8,74 т/га) був отриманий при інокуляції насіння препаратом ГуміФренд. Прибавка до контролю склала 0,73 т/га або 9,12 %.

Обприскування рослин у фазі кущіння та виходу у трубку хоча й підвищувало рівень урожайності зерна культури порівняно з контролем, але ці прибавки були найнижчими у досліді (4,12 % та 3,00 %, відповідно).

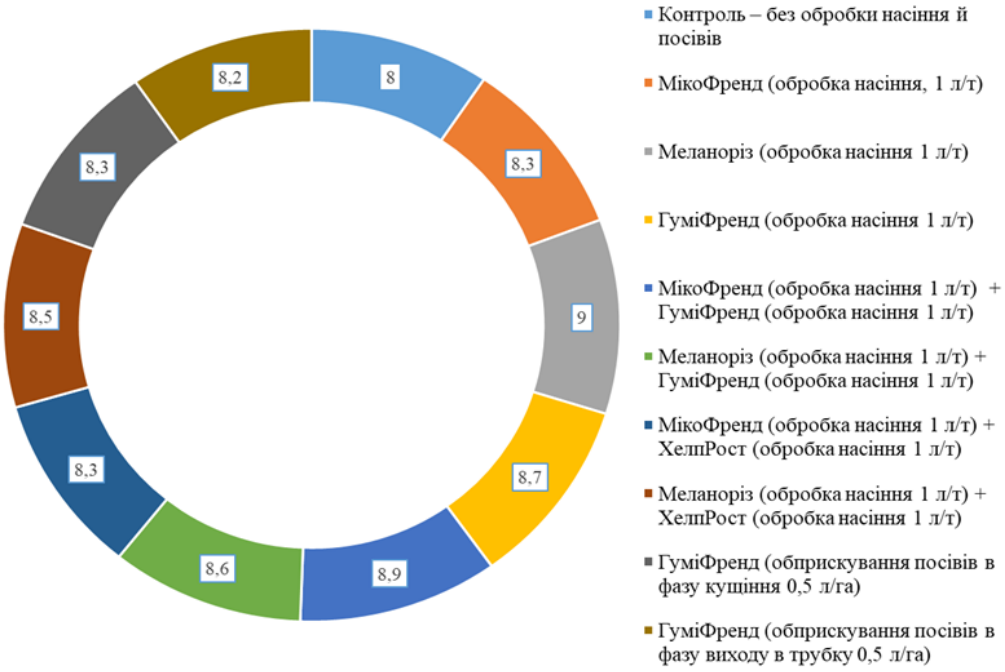


Рис. 2 Урожайність пшениці озимої сорту Перемога, 2018–2020 рр.

Використання мікробіологічних препаратів при вирощуванні пшениці озимої позитивно впливало на показники якості зерна (табл. 4).

Найвищий показник натури зерна забезпечувало сумісне використання препаратів МікоФренд та ГуміФренд для інокуляції насіння. Прибавка до контролю становила 7,0 г/л. Водночас прибавка

порівняно з варіантами, де проводили інокуляцію насіння МікоФрендом та ГуміФрендом окремо один від одного, склала 2,0 г/л та 6,0 г/л відповідно.

За біохімічними показниками якості зерна також відзначився комплекс препаратів для інокуляції насіння МікоФренд та ГуміФренд, забезпечивши вміст білка на рівні 12,5 % (+1,0 % до контролю), а вміст клейковини – 30,3 % (+3,4 % до контролю).

4. Показники якості зерна пшениці озимої сорту Перемога при використанні мікробіологічних препаратів, середнє за 2018–2020 рр.

Варіант	Натура, г/л	Вміст, %		ІДК, од. пр.
		білка	клейковини	
Контроль	723,0	11,5	26,9	87
МікоФренд, 1 л/т	728,0	11,9	30,0	72
Меланоріз, 1 л/т	726,0	11,5	27,9	73
ГуміФренд, 1 л/т	724,0	11,7	27,1	82
МікоФренд, 1 л/т + ГуміФренд, 1 л/т	730,0	12,5	30,3	70
Меланоріз, 1 л/т + ГуміФренд, 1 л/т	728,0	12,1	30,2	72
МікоФренд 1 л/т + ХелпРост, 1 л/т	728,0	12,3	29,9	72
Меланоріз, 1 л/т + ХелпРост, 1 л/т	727,0	12,3	29,7	72
ГуміФренд*, 0,5 л/га	723,0	11,7	27,4	83
ГуміФренд**, 0,5 л/га	726,0	11,9	29,2	80

Інокуляція насіння мікробіологічними препаратами сприяла суттєвому зниженню ІДК порівняно з контрольним варіантом.

Загалом упровадження у виробництво технологічних елементів використання мікробіологічних препаратів сприяє не тільки підвищенню кількісних показників урожайності пшениці озимої, а і сприяє поліпшенню якості отриманого зерна.

Висновки

Встановлено, що інокуляція насіння мікробіологічними препаратами покращувала перебіг окремих фізіологічних процесів, таких як накопичення хлорофілу в листках. Умови осінньої вегетації рослин озимини в роки проведення досліджень сприяли нарощуванню вмісту хлорофілу у вегетативних частинах рослин. Так, на час припинення осінньої вегетації всі варіанти, де застосовували інокуляцію насіння, забезпечили збільшення вмісту хлорофілу порівняно з контролем від 0,3 до 0,6 мг/г а.с.р. Серед варіантів виділилися ті, де до препарату Меланоріз додавали ГуміФренд або ХелпРост.

Використання мікробіологічних препаратів у технологіях вирощування пшениці озимої сприяє посиленню надходження поживних речовин до рослин, що стимулює розвиток рослин протягом вегетації, та, як наслідок, підвищує показники структури врожаю. Поряд з варіантами, де використовували інокуляцію насіння, варіанти з обприскуванням посівів також вплинули на довжину колосу, забезпечивши прибавку до контрольного варіанта на 4,12 % за рахунок обприскування посівів у фазі кущіння та на 3,00 % – при обприскуванні посівів у фазі виходу у трубку препаратом ГуміФренд.

Встановлено, що за роки проведення досліджень, найбільш суттєва прибавка врожайності була за умови інокуляції насіння препаратом Меланоріз (12,49 %, відповідно до контролю). Додавання до цього препарату інокулянта ХелпРост збільшувало урожайність порівняно з контролем на 6,25 %, а поєднання його з ГуміФрендом – на 7,37 %.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні хлорофілу в листках рослин пшениці при інокуляції насіння мікробними препаратами за умови різних фаз внесення.

References

1. Ulich, L. I., & Lisikova, V. M. (2006). Sorty pshenytsi ozymoi dlia intensyvnykh tekhnolohii. *Sortovyvchennia ta Okhorona Prav na Sorty Roslyn*, 3, 103–108 [In Ukrainian].

2. Chuhrii, H. A. (2021). Adaptyvni vlastyvosti sortu yak faktor pidvyshchennia valovoho zboru zerna pshenytsi ozymoi. *Naukovyi Zhurnal «Zernovi Kultury»*, 5 (1), 99–105. [In Ukrainian].

3. Vinyukov, O. O., & Bondareva, O. B. (2018). Osoblyvosti realizatsii potentsialu produktyvnosti sortiv pshenytsi ozymoi v ahroklimatychnykh umovakh Donetskoi oblasti. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 102, 9–14. [In Ukrainian].

4. Yaroshenko, C. C. (2012). Vplyv protruinykiv nasinnia na produktyvnist pshenytsi ozymoi. *Biuleten Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony*, 2, 137–140. [In Ukrainian].

5. Cherenkov, A. V., Zheliazkov, O. I., Khorishko, S. A., & Kozelskyi, O. M. (2015). Fotosyntetychna diialnist roslyn pshenytsi ozymoi zalezhno vid tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrainy. *Biuleten Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony NAAN Ukrainy*, 8, 73–77 [In Ukrainian].

6. Kirizii, D. A., Shadchyna, T. M., Stasyk, O. O., Priadkina, H. O., Sokolovska-Serhiienko, O. H., Huliaiev, B. I., & Sytnyk, S. K. (2011). *Osoblyvosti fotosyntezu i produktsiinoho protsesu u vysoko intensyvnykh henotypiv ozymoi pshenytsi*. Kyiv: Osnova [In Ukrainian].

7. Morhun, V. V., Shvartau, V. V., & Kirizii, D. A. (2009). Fiziolohichni osnovy formuvannia vysokoi produktyvnosti zernovykh zlakiv. In: *Fiziolohiia roslyn: problemy ta perspektyvy rozvytku:* zbirnik naukovih prac 2 t. (11–42). Kyiv [In Ukrainian].

8. Morgun, V. V., & Shvartau, V. V., Kirizii, D. A. (2010). Fiziologicheskie osnovy formirovaniia vysokoi produktivnosti zernovykh zlakov. *Fiziologiya i Biohimiya Kulturnyh Rastenij*, 42 (5), 371–392. [In Russian].

9. Gupta, N., Debnath, S., Sharma, S., Sharma, P., & Purohit, J. (2017). Role of nutrients in controlling the plant diseases in sustainable agriculture. *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture*, 217–262. doi: 10.1007/978-981-10-5343-6_8

10. Karkanis, A. C., Vellios, E., Grigoriou, F., Gkrimpizis, T., & Giannouli, P. (2018). Evaluation of efficacy and compatibility of herbicides with fungicides in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under different environmental conditions: effects on grain yield and gluten content. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46 (2), 601–607. doi: 10.15835/nbha46211208

11. Vlasenko, N. S. (2013). Zbyrannia vrozhaiu silskohospodarskykh kultur ta provedennia inshykh polovykh robit stanom na 1 lystopada 2013 roku. In: *Statystychnyi biuleten. Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy* [In Ukrainian].

12. Kalenska, S. M., Tokar, B. Yu., & Tasheva, Yu. V. (2015). Upravlinnia stiikistiu roslyn zernovykh kultur do vyliahannia. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriia: «Ahronomiia»*, 1 V (210), 22–30. [In Ukrainian].

13. Vinyukov, O. O., Bondareva, O. B., & Chuhrii, H. A. (2019). *Vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi v umovakh nedostatnoho zvolozhennia v zoni skhidnoi chastyny pivnichnoho Stepu Ukrainy. Naukovo-praktychni rekomendatsii*. Pokrovsk: DDSDS NAAN. [In Ukrainian].

14. Pozniak, V. V. (2018) (2018). Efficiency of application of growth regulator «Chlormequate-chloride» in winter wheat sowing depending on the level of fertilization. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 177–182. doi: 10.31210/visnyk2018.02.30 [In Ukrainian].

15. Vinyukov, O. O., Dmytrenko, P. P., & Bondareva, O. B. (2014). Patent № 88521 Kyiv: Derzhavnomu reiestri patentiv Ukrainy na korysni modeli [In Ukrainian].

16. Smirnov, V. V., Patyka, V. P., & Pidgorsky, V. S. (2002). Mikrobni biotekhnolohii v silskomu hospodarstvi. *Ahroekolohichnyi Zhurnal*, 3, 3–9. [In Ukrainian].

17. Tsandur, M. O., Buriachkovskyi, V. H., Harmashov, V. V., Pylypenko, V. M., Bilousov, Yu. V., & Burian, N. L. (2001). *Tekhnolohiia vyroshchuvannia ozymoi pshenytsi z elementamy biolohizatsii. Metodychni rekomendatsii*. [In Ukrainian].

18. Kliuchenko, V. V. (2011) Vplyv mikrobnykh preparativ na produktyvnist ta yakist zerna pshenytsi ozymoi v ahroklimatychnykh umovakh Stepovoho Krymu. *Ekolohiia. Naukovi pratsi*, 140, 33–36. [In Ukrainian].

19. Bilyk, M. O. (2017). Efektyvnist peredposivnoi obrobky nasinnia pshenytsi yaroi biofunhitsydamy i rehuliatoriv rostu roslyn proty korenevykh hnylii. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriia «Fitopatolohiia ta Entomolohiia»*, 1-2, 34–38. [In Ukrainian].

20. Vylov, B., & Vyblova, A. (2002). Biostymuliatory i vyroshchuvannia ozymoi pshenytsi ta yaroho yachmeniu. *Propozytsiia*, 12, 66–67. [In Ukrainian].

21. Vinyukov, O. O. (2016). Vpliv biopreparativ i regulyatoriv rostu roslin na pokazniki yakosti zerna ozimoyi pshenici. *Materiali Vseukrayinskoyi naukovo-praktichnoyi konferenciyi molodih vchenih i specialistiv.* Vinnicya: DU IZK NAAN [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 10.03.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Вінюков О. О., Чугрій Г. А., Поплевко В. І., Шульц П., Скнипа Н. Л. Вплив мікробіологічних препаратів на фізіологічні процеси формування зернової продуктивності пшениці озимої. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 11–20.

© Вінюков Олександр Олександрович, Чугрій Ганна Анатоліївна, Поплевко Віктор Іванович, Шульц Петр, Скнипа Надія Леонідівна, 2022

Agriculture. Plant growing
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 631.4:311 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.02**

EVALUATION OF SPATIAL VARIABILITY OF FERTILITY INDICATORS OF CHERNOZEM SOILS BY GEOSTATISTICAL METHODS

A. Polevoy[1] ORCID 0000-0002-0049-7024
O. Mikityuk[2] ORCID 0000-0002-0141-8586
L. Bozhko[1] ORCID 0000-0002-1485-4707
E. Barsukova[1] ORCID 0000-0002-9054-142X

[1] Odessa State Environmental University, Lvivska str 15, Odessa, 65016, Ukraine
[2] Institute for the Development of Territorial Communities, Lutheran St. 21/12, Kyiv, 01024, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: lena5933@ukr.net

How to Cite

Polyovyi, A., Mikityuk, O., Bozhko, L., & Barsukova, O. (2022). Evaluation of spatial variability of fertility indicators of chernozem soils by geostatistical methods. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 21–29. doi: 10.31210/visnyk2022.02.02

The regularities of spatial variability of agrochemical and physical properties of chernozem soils (the content of humus, easily hydrolysable nitrogen, mobile forms of phosphorus, exchangeable forms of potassium, acidity, carbon content, bulk density and content of physical clay) in the east of Ukraine (project area "Dontsovka" (SP SVF "Agro", department "Dontsovka", Novopskovskiy district, Luhansk region). With the help of simple kriging, maps of the spatial distribution of agrochemical and physical indicators of soil fertility were built. It has been established that the most variable of all the agrochemical characteristics of the soil are the content of mobile forms of phosphorus and exchangeable forms of potassium. The coefficients of variation are 23.90 and 16.58 %, respectively, which is characterized as the average variability of the trait. The maps of the spatial distribution of these indicators are characterized by large spotting. Weak variability (less than 10 %) is typical for the content of humus and carbon in the soil. Most of the territory is occupied by fields with high and high humus content. The content of easily hydrolysable nitrogen in the soil and soil acidity are characterized by the weakest variation among the agrochemical indicators of the state of the soil. The spatial distribution of fields according to the content of readily hydrolysable nitrogen in the soil is similar to the distribution of fields according to the content of humus in the soil. The spatial distribution of soil acidity is fairly uniform. The physical characteristics of soil properties are also characterized by weak variation. Correlation analysis showed that the content of humus in the arable layer of the soil has a good positive relationship with the content of readily hydrolysable nitrogen in the soil (0.579), the amount of mobile forms of phosphorus in the soil (0.394), the amount of exchangeable potassium (0.471), the amount of carbon in the soil (0.9) and has an inverse relationship with the soil density (-0.649).

***Key words**: soil, humus, nitrogen, phosphorus, potassium, acidity, carbon, fraction of physical clay, bulk density.*

ОЦІНКА ПРОСТОРОВОЇ МІНЛИВОСТІ ПОКАЗНИКІВ РОДЮЧОСТІ ЧОРНОЗЕМНИХ ҐРУНТІВ ГЕОСТАТИСТИЧНИМИ МЕТОДАМИ

А. М. Польовий[1]***, О. Ю. Микитюк***[2]***, Л. Ю. Божко***[1]***, О. А. Барсукова***[1]
[1] Одеський державний екологічний університет, м. Одеса, Україна
[2] Інститут розвитку територіальних громад, м. Київ, Україна

Розглядаються закономірності просторової мінливості агрохімічних і фізичних властивостей чорноземних ґрунтів (вміст у орному шарі ґрунту: гумусу, легко гідролізованого азоту, рухомих форм фосфору, обмінних форм калію, кислотності, вміст вуглецю, щільність складання та вміст фізичної глини) на Сході України (проєктна ділянка «Донцівка» (ВП СВФ «Агро», відділення «Донцівка» Новопсковського району Луганської області). За допомогою простого кригінгу побудовані картосхеми просторового розподілу агрохімічних і фізичних показників родючості ґрунту. Встановлено, що найбільш мінливими з усіх агрохімічних характеристик ґрунту є показники утримання рухомих форм фосфору та обмінних форм калію. Коефіцієнти варіації становлять відповідно 23,90 і 16,58 %, що характеризується середньою мінливістю ознаки. Картосхеми просторового розподілу цих показників характеризуються великою плямистістю. Слабка мінливість (менше 10 %) притаманна вмісту гумусу і вуглецю у ґрунті. Більшу частину території займають поля з підвищеним та високим вмістом гумусу. Найбільш слабкою варіацією серед агрохімічних показників стану ґрунту характеризуються вміст легкогідролізованого азоту у ґрунті та кислотність ґрунту. Просторовий розподіл полів за вмістом легкогідролізованого азоту у ґрунті схожий на розміщення полів за вмістом гумусу у ґрунті. Просторовий розподіл кислотності ґрунтів досить однорідний. Фізичні характеристики властивостей ґрунтів також мають слабку варіацію. Кореляційний аналіз показав, що вміст гумусу в орному шарі ґрунту має хороший позитивний зв'язок із вмістом легкогідролізованого азоту у ґрунті (0,579), кількістю рухомих форм фосфору у грунті (0,394), кількістю обмінного калію (0,471), кількістю вуглецю у ґрунті (0,993) та зворотний зв'язок із щільністю складання ґрунту (-0,649).

Ключові слова: *ґрунт, гумус, азот, фосфор, калій, кислотність, вуглець, фракція фізичної глини, щільність складання.*

Вступ

Просторова мінливість властивостей ґрунту є невід'ємною частиною природи ґрунтів через геологічні та ґрунтові фактори ґрунтоутворення, обробки ґрунтів, загального рівня культури землеробства, агротехніки вирощування конкретних культурних рослин. Управління продуційним процесом сільськогосподарських культур є неможливим без оцінки просторово-часової мінливості показників, що характеризують родючість ґрунту.

Застосування геостатистичних методів дає змогу оцінити просторову неоднорідність родючості конкретних полів [4, 5, 14]. Урахування просторової неоднорідності родючості конкретних полів, внутрішньопольної варіабельності є основою сучасної технології точного землеробства [15].

Аналітичний огляд поглядів на методологію застосування геостатистичного підходу, що використовується при характеристиці неоднорідності ґрунтового покриву та варіабельності властивостей ґрунтів представлений у [10]. У роботі [9] в інтерактивній формі представлені сучасні уявлення про теорію та методи геостатистики та їх застосування у ґрунтознавстві та екології для вирішення актуальних екологічних та агроекологічних проблем. Роль геостатистичного аналізу у вивченні варіабельності властивостей ґрунтів проаналізовано в роботі [5]. Просторова варіабельність агрохімічних властивостей чорноземів південних розглядається у роботі [11] У розвідці Пічура В. І. [8] виконані дослідження змін агрохімічних властивостей ґрунтів на зрошуваних та богарних землях сухого степу (на прикладі Херсонської області України). Вивчалася [9] також просторова мінливість агрохімічних властивостей агросірих ґрунтів та засміченість посівів на прикладі одного типового угіддя Брянського опілля. У роботі Васенєва Е. Г. [2] досліджено агроекологічні особливості просторового варіювання вмісту доступних форм основних елементів живлення в лісостепових чорноземах західної частині Центрально-Чорноземного регіону Росії.

Метою роботи є оцінка просторової мінливості характеристик фізико-агрохімічного стану чорноземних ґрунтів на проєктній ділянці Донцовка (всього 45 полів) Новопсковського району Луганської області.

Об'єктом досліджень є чорноземні ґрунти Луганської області, зокрема, проєктної ділянки «Донцівка» (ВП СВФ «Агро», відділення «Донцівка» Новопсковського району Луганської області, розташованої в північно-східній частині Луганської області (між (49,54° и 49,64° північної широти та 39,26° і 39,36° східної довготи).

Матеріали і методи досліджень

Дослідження виконане на основі результатів проєкту «Посилення економічних та правових інструментів для збереження степового біорізноманіття, адаптації до зміни клімату та його пом'якшення (Степове біорізноманіття)». Розділ «Проведення дослідження з динаміки вмісту гумусу в орних сільськогосподарських землях Луганської області для підготовки вуглецевого проєкту щодо зміни землекористування на деградованих сільськогосподарських землях Луганської області». Дані отримані від сертифікованої лабораторії системи Контролю родючості ґрунтів у Луганській області. Визначення вмісту гумусу у ґрунті виконувалось згідно з затвердженою методикою [4].

Досліджувалась мінливість характеристик фізичного та агрохімічного стану чорноземних ґрунтів (вміст у орному шарі гумусу, легкогідролізуємого азоту, рухомих форм фосфору, обмінних форм калію, вміст часток менше 0,01 мм, кислотності, щільності складання ґрунту, вміст вуглецю) на проєктній ділянці «Донцівка» (Всього 45 полів). Розрахунки та статистична обробка виконувалась із використанням програми STATISTICA 8.0. Геостатистичний аналіз проводили за допомогою пакета Surfer 11.

Результати дослідження та їх обговорення

Ґрунтовий покрив району досліджень характеризується переважно чорноземами звичайними середньопотужними середньогумусними на лесах і лесоподібних породах та частково чорноземами звичайними малопотужними малогумусними на лісоподібних породах. Мінливість агрохімічних та фізичних властивостей ґрунту на полях відбувається під впливом як природних факторів, так і прийнятої у регіоні системи землеробства.

Середній вміст гумусу у ґрунті ділянки «Донцівка» підвищений (табл. 1) і становить 3,82 % та коливається від 3,00 до 4,45 %. Коефіцієнт варіації (9,44 %) характеризує слабку варіацію цієї характеристики. Спостерігається лівостороння асиметрія. Причому поля із вмістом гумусу 3,0–3,30 становлять 8 % від загальної кількості полів.

Вони розташовані (рис. 1а) у центральній дещо зміщеній на захід частині ділянки. Більшу частину території займають поля з підвищеним вмістом гумусу (3,30–3,90 %). Крайню західну та східну частини займають поля з високим вмістом гумусу у ґрунті, сумарно вони складають до 33 % від загальної площі ділянки.

Мінливість вмісту легкогідролізованого азоту в орному шарі ґрунту слабка, коефіцієнт варіації становить 8,90 %, що менше 10 % (табл. 1).

Середнє значення становить 111,38 мг/кг ґрунту (за Корнфілдом), за зміни від мінімального значення 93,0 мг/кг до максимального 130 мг/кг. Спостерігається правостороння асиметрія та від'ємне значення ексцесу. Поля з дуже низьким вмістом легкогідролізуємого азоту (менше 100 мг/кг) становлять 20,0 % від загальної кількості полів. Вони розташовані невеликими ділянками (рис. 1б) у південно-західній, та, частково, південно-центральній частині ділянки. На залишковій частині ділянки розміщуються поля з вмістом легкогідролізуємого азоту в орному шарі ґрунту 100–130 мг/кг.

Вміст рухомих форм фосфору є найбільш мінливим з усіх агрохімічних характеристик ґрунту (табл. 1 та рис. 1в). Коефіцієнт варіації становить 23,91 %, що характеризується як середня мінливість ознаки (11–25 %). Середнє значення становить 64,93 мг/кг ґрунту, діапазон змін – 63 мг/кг за мінімальної величини 36,0 та максимальної 99 мг/кг ґрунту. У розподілі полів спостерігається правостороння асиметрія та значний від'ємний ексцес. Просторовий розподіл показника характеризується великою плямистістю. Низькі (30–50мг/кг) значення рухомих форм фосфору розміщуються переважно у північній, західній та південно-центральній частині ділянки і становлять

22,0 % від усіх полів. У центральній та піденно-західній частинах знаходяться поля проєктної ділянки зі вмістом 51–100 мг/кг рухомих форм фосфору в орному шарі ґрунту.

1. Статистичні параметри агрохімічних і фізичних характеристик ґрунтів проєктної ділянки «Донцівка»

Показники	Вміст в орному шарі ґрунту							
	гумуса, %	легкогідролізованого азоту, мг/ кг	рухомих форм фосфору, мг/кг	обмінних форм калію, мг/ кг	вуглецю, т/ га	кислотність, pH	щільність складання ґрунту, г/см^3	вміст часток менше 0,01мм, %
Число випадків	45	45	45	45	45	45	45	45
Середне	3,82	111,38	64,93	101,51	53,71	8,14	1,21	63,92
Стандартна похибка середньої	0,06	1,48	2,31	2,51	0,75	0,04	0,0009	0,28
Медіана	3,90	111,00	63,00	99,00	54,46	8,20	1,21	63,80
Мода	3,90	105,00	62,00	99,00	54,74	8,30	1,21	61,20
Стандартне відхилення	0,36	9,91	15,53	16,83	5,02	0,29	0,006	1,89
Коефіцієнт варіації, %	9,44	8,90	23,91	16,58	9,35	3,54	0,48	2,96
Асиметрія	-0,27	-0,08	0,14	0,793	-0,22	-0,82	-0,24	0,36
Стандартна похибка асиметрії	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Ексцес	-0,64	-1,01	-0,54	0,46	-0,64	0,33	-0,71	-0,97
Стандартна похибка ексцесу	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Діапазон	1,45	37,00	63,00	75,00	20,35	1,30	0,02	6,60
Мінімум	3,00	93,00	36,00	76,00	42,11	7,40	1,20	61,20
Максимум	4,45	130,00	99,00	151,00	62,46	8,70	1,22	67,80

Найбільш близькою за природно-кліматичними умовами до об’єкта нашого дослідження є фундаментальна робота Пічура В. І., [8], присвячена просторово-часовій трансформації агрохімічного стану ґрунтів у зоні сухого степу (Херсонська область). Функція розподілу вмісту гумусу у ґрунті за показниками асиметрії та ексцесу подібна до отриманої в нашому дослідженні (табл. 1) (асиметрія лівостороння і дорівнює -1,08, ексцес позитивний і становить 0,61). При значно нижчій середній порівняно з цим показником, що наводиться у нашій роботі (табл. 1), величині вмісту гумусу у ґрунті (2,40 %), його варіація відзначається як значна (28,75 %), що практично втричі вище за отриманий нами коефіцієнт варіації вмісту гумусу на ділянці «Донцівка». Спостерігається дуже висока (27,01 %) порівняно з нашими результатами варіація вмісту нітрифікаційного азоту більш ніж втричі. Водночас відзначається майже одинакова (24,02 %) порівняно з нашими даними (табл. 1) варіація вмісту рухомих форм фосфору. Коефіцієнти варіації вмісту обмінного калію більші, ніж удвічі за абсолютним значенням (36,23 % у роботі [8] та 16,58 % за нашими даними (табл. 1)

Варіація вмісту обмінних форм калію (табл. 1, рис. 1г) характеризується середньою варіацією. Коефіцієнт варіації менший, ніж для рухомих форм фосфору і становить 16,58 %. Діапазон зміни ознаки становить 75 мг/кг. При цьому мінімальний вміст рухомих форм калію дорівнює 76 мг/кг, а максимальний – 151 мг/кг, середнє значення становить 101,51 мг/кг. У розподілі полів спостерігається правостороння асиметрія та позитивний ексцес. Емпіричний розподіл відмінно від

нормального, оскільки значення показника асиметрії перевищує свою помилку репрезентативності більше ніж удвічі. Так само, як і для рухомих форм фосфору, просторовий розподіл показника характеризується великою плямистістю. Низькі (менше 100 мг/кг) значення рухомих форм калію розміщуються переважно у центральній та західно-центральній частинах ділянки і становлять 53,3 % від усіх полів. Північна, східна та крайня західна частини характеризуються середнім (101–151 мг/кг) вмістом рухомих форм калію в орному шарі ґрунту.

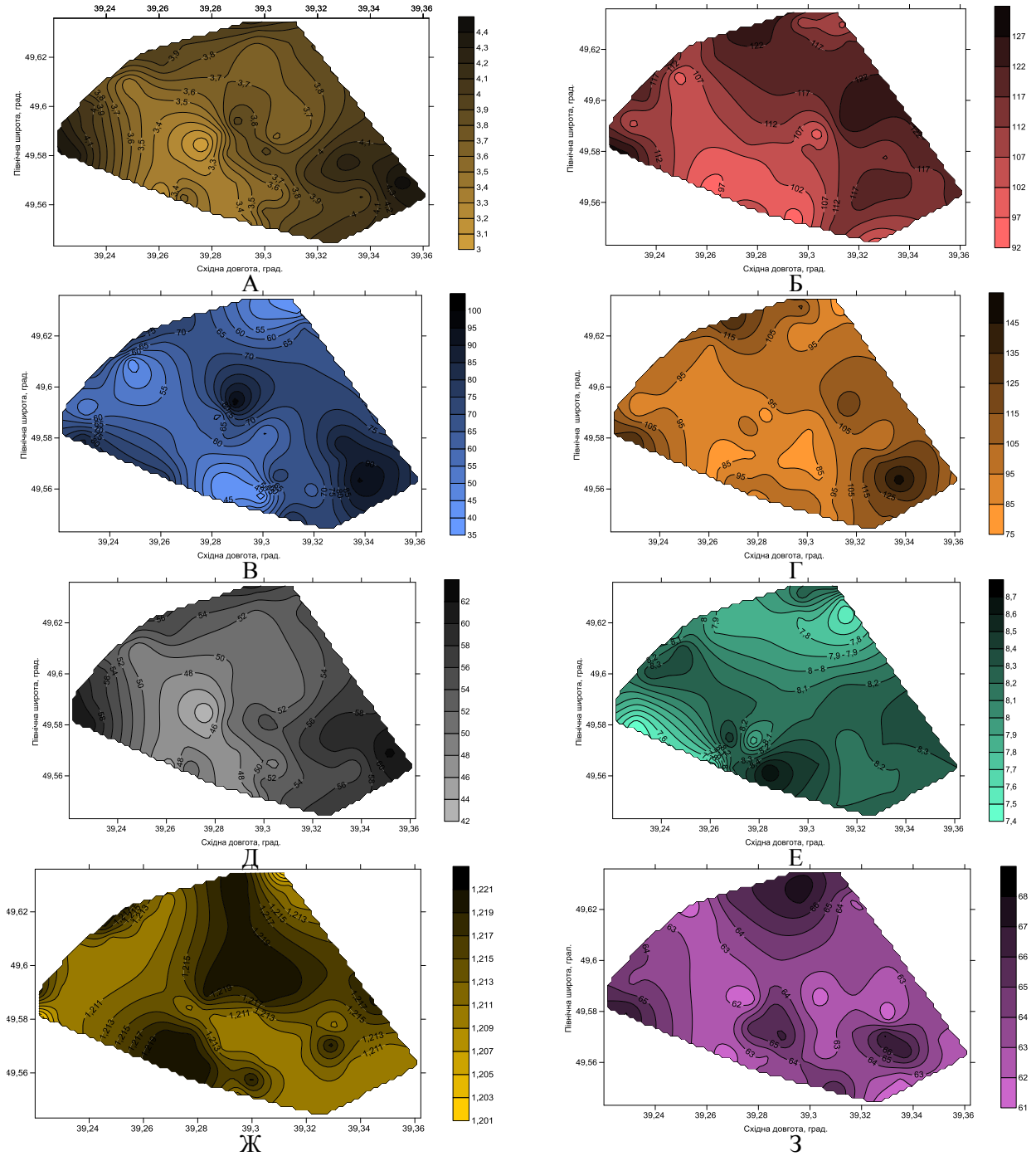


Рис. 1. Картограма утримання в орному шарі ґрунту:

А – гумусу (%), Б – легкогідролізованого азоту (мгN/кг), В – рухомих форм фосфору (мгP_2O_5/кг), Г – обмінних форм калію (мгK_2O/кг), Д – вмісту вуглецю (тС/га), Е – кислотнрсті (рН), Ж – щільності складання ґрунту (г/см^3), З – вміст часток менше 0,01 мм (%). Проектна ділянка «Донцівка» (ВП СВФ «Агро», відділення «Донцівка») Новопсковського району Луганської області

Варто зазначити, що просторовий розподіл вмісту вуглецю у орному шарі ґрунту аналогічний розподілу вмісту гумусу. Середній вміст вуглецю в орному шарі ґрунту ділянки «Донцівка» (табл. 1, рис. 1д) становить 53,71 т/га (або 93,45 т/га гумусу). Діапазон зміни показника дорівнює 20,35 т/га. Значення вмісту вуглецю змінюється від 42,11 до 62,46 т/га. Варіація показника характеризується як слабка (коефіцієнт варіації дорівнює 9,35 %). Для розподілу характерна лівостороння асиметрія. Частину території (27,0 %) займають поля із середнім вмістом вуглецю (46,0–50,0 т/га) та на більшій частині території (73,0 % полів), особливо у центральній та південній частині ділянки, зосереджені площі з високим вмістом вуглецю (51,0–62,0 т/га).

Реакція ґрунтового розчину сприятлива для вирощування сільськогосподарських культур. Кислотність орного шару ґрунту ділянки «Донцівка» (табл. 1, рис. 1е) є однією з найменших мінливістей ознак (коефіцієнт варіації становить 3,54 %). Середнє значення кислотності орного шару ґрунту дорівнює 8,14 і характеризується як середньо лужний ґрунт. Її значення варіює від 7,4 до 8,7. У розподілі полів спостерігається лівостороння асиметрія та незначний позитивний ексцес. Просторовий розподіл кислотності ґрунтів досить однорідний: близькі до нейтральних ґрунтів становлять 6,7 % полів, слаболужні –20,0 %, середньолужні – 55,6 %. Сильнолужні ґрунти розташовані в південній частині ділянки і становлять 3,2 % полів.

Щільність ґрунту є оптимальною для сільськогосподарських культур та найменш мінливою ознакою (табл. 1, рис. 1ж), коефіцієнт варіації щільності дорівнює 0,48 %. За умови середнього значення 1,21 г/см^3 він змінюється від 1,20 до 1,22 г/см^3. Спостерігається правостороння асиметрія та значний від'ємний ексцес. Просторовий розподіл полів за показником щільності ґрунту характеризується найбільшими значеннями ознаки в центральній та північній частинах ділянки та, частково, на південно-західній частині.

Вміст гранулометричної фракції фізичної глини (частинок менше 0,01 мм) у ґрунті становить 63,92 % (табл. 1, рис. 1з). Відзначається незначна варіація цієї характеристики (коефіцієнт варіації дорівнює 2,96 %). Діапазон значень дорівнює 6,60 %. Спостерігається значна правостороння асиметрія та дуже значний від'ємний ексцес. Територія ділянки «Донцівка» характеризується легко глинистими ґрунтами.

Встановлено кореляційні зв'язки між агрохімічними та фізичними показниками властивостей ґрунту (табл. 2).

2.Матриця коефіцієнтів кореляції агрохімічних та фізичних показників властивостей ґрунту проєктної ділянки «Донцівка»

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
X_1	1,0	0,611**	0,394**	0,471**	0,989**	-0,179	-0,312*	0,211
X_2		1,0	0,389**	0,489**	0,601**	-0,303*	-0,193*	0,414**
X_3			1,0	0,513*	0,344*	-0,252	-0,086	-0,101
X_4				1,0	0,468**	-0,106	-0,100	0,271
X_5					1,0	-0,171	-0,289	0,213
X_6						1,0	0,126	-0,256
X_7							1,0	-0,040
X_8								1,0

Примітки: x_1 – гумус; x_2 – легкогідролізований азот; x_3 – рухливі форми фосфору; x_4 – обмінний калій; x_5 – вуглець; x_6 – кислотність; x_7 – щільність складання ґрунту; x_8 – вміст часток менше 0,01 мм. Знак ** показує, що коефіцієнт кореляції значущий – 0,01% рівня значимості. Знак * показує, що коефіцієнт кореляції значущий – 0,05% рівня значимості.

Як видно з даних табл. 2, вміст гумусу в орному шарі ґрунту (x_1) має хороший позитивний зв'язок із вмістом легкогідролізованого азоту (x_2) у ґрунті (0,579), кількістю рухомих форм фосфору (x_3) у ґрунті (0,394), кількістю обмінного (x_4) калію (0,471), кількістю вуглецю (x_5) у ґрунті (0,993) та зворотний зв'язок (x_7) із щільністю (-0,649) складання ґрунту. Вміст легкогідролізованого азоту позитивно корелює з кількістю рухомих форм фосфору, кількістю вуглецю у ґрунті, вмістом часток менше 0,01 мм і має зворотний зв'язок із кислотністю та щільністю ґрунту. Вміст рухомих форм фосфору позитивно корелює з кількістю обмінного калію та кількістю вуглецю. Вміст обмінного

калію позитивно корелює із кількістю вуглецю ґрунту. Вміст вуглецю не має значимого зв'язку із кислотністю, щільністю ґрунту та вмістом фракцій фізичної глини. Кислотність ґрунту не має значимого зв'язку із щільністю ґрунту та вмістом фракцій фізичної глини. Щільність ґрунту не має зв'язку з вмістом часток менше 0,01 мм.

У роботі Медведєва В. В. [7] неоднорідність розглядається як закономірна зміна властивостей ґрунтового покриву у горизонтальному напрямі в межах невеликих просторів – елементарного ґрунтового ареалу. Відзначається для ґрунтів степу (чорнозем звичайний у Донецькій області) варіація гумусу 10,0 %, що близько до даних, що ми отримали. Отримано дуже високу варіацію сумарного мінерального азоту та рухомих форм фосфору (59,0 та 70,0 % відповідно), що значно перевищує отримані нами оцінки (табл. 1). Водночас для рухливих форм калію ми отримали нижчу варіацію цього показника – 16,58 % проти 23,0 % у роботі [7].

У роботі [1] встановлено, що мінімальний ступінь варіювання у шарах 0–10 та 10–20 см за полями виявився у pH водного та pH сольового за середнього вмісту 6,36. Вміст гумусу також варіює слабо в межах кожного поля. Коефіцієнт варіювання дорівнює 6,2 %. На тлі дуже високої забезпеченості по рухомому фосфору, середньої та високої за калієм для зернових культур за цими властивостями чорноземів було виявлено більш значну строкатість як у межах полів, так і між ними.

Близькі до цих результатів отримані дані у роботі (Фоменко Т. Г. та ін. 2015) в умовах чорнозему вилуженого садового ценозу за межами зони локального внесення добрив.

Наведені дані задовільно узгоджуються з результатами, що ми отримали.

Для ґрунтово-кліматичних умов України найбільш повне дослідження взаємозв'язку агрохімічних та фізичних показників виконано у роботі [12]. Серед розглянутих у цій роботі агрохімічних показників варто виділити встановлений зв'язок нітрифікаційної здатності ґрунтів та гумусу, який характеризується коефіцієнтом кореляції 0,65 і досить добре узгоджується з отриманим нами (табл. 2) позитивним зв'язком між вмістом гумусу в орному шарі ґрунту та вмістом легкогідролізуємого азоту у ґрунті.

Висновки

У результаті дослідження встановлено закономірності просторової мінливості агрохімічних і фізичних показників властивостей чорноземних ґрунтів. За допомогою простого кригінгу побудовані картосхеми просторового розподілу показників вмісту гумусу у ґрунті, легкогідролізованого азоту, рухомих форм фосфору та обмінних форм калію, вмісту вуглецю, кислотності, щільності ґрунту, вміст часток менше 0,01 мм.

Найбільш мінливими з усіх агрохімічних характеристик ґрунту є показники утримання рухомих форм фосфору та обмінних форм калію. Коефіцієнти варіації становлять відповідно 23,90 і 16,58 %, що характеризується середньою мінливістю (11–25 %). У розподілі полів із цими показниками спостерігається правостороння асиметрія. Просторовий розподіл цих показників характеризуються великою плямистістю.

Слабка мінливість (менше 10 %) притаманна вмісту гумусу і вуглецю у ґрунті, для розподілу цих показників характерна лівостороння асиметрія. Поля із вмістом гумусу 3,0–3,30 становлять 8 % від загальної кількості полів. Вони розташовані в центральній дещо зміщеній на захід частині ділянки. Більшу частину території займають поля з підвищеним вмістом гумусу (3,30–3,90 %). Крайню західну та східну частини займають поля з високим вмістом гумусу у ґрунті, сумарно вони складають близько 33 % від загальної площі ділянки.

Серед агрохімічних показників стану ґрунту слабкою варіацією характеризуються вміст легкогідролізованого азоту у ґрунті та кислотність ґрунту. Просторовий розподіл полів за вмістом легкогідролізованого азоту у ґрунті схожий на розміщення полів за вмістом гумусу у ґрунті. Просторовий розподіл кислотності ґрунтів досить однорідний.

Слабкою варіацією також характеризуються фізичні характеристики властивостей ґрунтів: щільність та вміст фізичної глини у ґрунті (коефіцієнти варіації відповідно 0,48 та 2,96 %).

Отже, у результаті проведеного дослідження проаналізовано просторовий розподіл агрохімічних та фізичних властивостей ґрунтів, виділено зони, де домінують як підвищені, так і знижені параметри розглянутих показників, що дозволить взяти до уваги ці дослідження у технології вирощування сільськогосподарських культур.

References

1. Belobrov, V. P., Aydiev, A. Yu., Yudin, S. A., Ermolaev, N. R., & Dmitrieva, V. T. (2017). Variability of agrochemical properties of typical chernozems in long-term field experience. In collection: *Chernozems of Central Russia: Genesis, Evolution and Problems of Rational Use* (181–185). Voronezh: Publishing and Printing Center "Scientific Book".

2. Vaseneva, E. G., Vasenev, I. I., Shcherbakov, A. P., Zhogova, M. V., & Belik, A. V. (2002). Assessment of the limiting factors of intra-field diversity of agriculture and ecology. *Modern Problems of Agriculture and Ecology*, 271–275.

3. Giniyatullin, K. G., Ryazanov, S. S., Grigoryan, B. R., Shakirzyanov, I. V., & Shakirzyanov, R. V. (2016). Using geostatistical methods to characterize the variability of agrochemical properties (on the example of studying arable lands in Northern Kazakhstan). *Scientific notes of Kazan University. Series Natural Sciences*, 2, 259–276.

4. *GOST 4289: 2004. Soil quality. Methods for the determination of organic matter.* (2005). Kiev [In Ukrainian].

5. Klebanovich, N. V., & Kindeev, A. L. (2018). Geostatistical assessment of the variability of soil properties. *Bulletin of the Udmurt University. Series "Biology. Earth Sciences"*, 28 (1), 91–102. [In Russian].

6. Markov, R. V. (2013). *Project "Strengthened economic and legal instruments for the conservation of steppe biodiversity, adaptation to climate change and mitigation (Steppe biodiversity)"*. Section "Conducting a study on the dynamics of humus content in arable agricultural lands of the Luhansk region for the preparation of a carbon project on land use change on degraded agricultural lands of the Luhansk region". International charitable organization, Institute for the Development of Territorial Communities. Kiev [In Ukrainian].

7. Medvedev, V. V. (2010). Heterogeneity as a natural manifestation of the horizontal structure of the soil cover. *Gruntoznavstvo*, 11 (1-2), 6–15 [In Ukrainian].

8. Pichura, V. I. (2012). Spatio-temporal forecasting of changes in the parameters of agrochemical indicators of reclaimed soils using GIS and neurotechnologies. *Agricultural Chemistry and Soil Knowledge*, 78, 87–95 [In Ukrainian].

9. Samsonov, V. P., Meshalkina, Y. L., Melikhovskaya, P. V., Kondrashkina, M. I., Dyadkina, S. E., Kondrashkin, B. E., Koshkin, R. V., & Krotov, D. G. (2010). Spatial variability of agrochemical properties within an agricultural land (agro-gray soils). *Agro XXI*, 7-9, 47.

10. Sakhabiev, I. A., & Ryazanov, S. S. (2015). Investigation of the spatial variability of soil properties using the geostatistical approach. *Application of Ecology*. 2, 32–37.

11. Sidorova, V. A., &Krasilnikov, P. V. (2007). Soil-geographical interpretation of the spatial variability of the chemical and physical properties of the surface horizons of soils in the steppe zone. *Pochvovedenie*, 10, 1168–1178.

12. Trus, O. M., Gospodarchuk, G. M., & Prokopchuk, I. V. (2016). *Humus black soil opidzolic and yogo vidvorennya*. Uman.[In Ukrainian].

13. Yakushev V. P., Poluektov P. A., Smolyar E. I., & Topazh A. G. (2002). Information technologies in precision farming. *Agrochemical Bulletin*, 2, 36–39.

14. Yakushev, V. P., & Yakushev, V. V. (2018). Prospects for "Smart Agriculture" in Russia. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 88 (9), 773–794. doi. 10.31857/S086958730001690-7

15. Li, C., Wang, X., & Qin, M. (2021). Spatial variability of soil nutrients in seasonal rivers: A case study from the Guo River Basin, China. *PloS ONE,* 16 (3), e0248655. doi: 10.1371/journal.pone.0248655

16. Azuka, C. V., & Igué, A. M. (2020). Spatial variability of soil properties under different landuse in Koupendri catchment, Benin. *Spanish Journal of Soil Science*, 10 (1), 45–64. doi: 10.3232/sjss.2020.v10.n1.04

17. Guedes Filho, O., Vieira, S. R., Chiba, M. K., Nagumo, C. H., & Dechen, S. C. F. (2010). Spatial and temporal variability of crop yield and some Rhodic Hapludox properties under no-tillage. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 34 (1), 1–14. doi: 10.1590/s0100-06832010000100001

18. Goovaerts, P. (1999). Geostatistics in soil science: state- -the-art and perspectives. *Geoderma*, 89, 1–45.

19. Khongnawang, T., Zare, E., Zhao, D., Srihabun, P., & Triantafilis, J. (2019). Three-Dimensional Mapping of Clay and Cation Exchange Capacity of Sandy and Infertile Soil Using EM38 and Inversion Software. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 19 (18), 3936. doi: 10.3390/s19183936

20. Liu, H., Li, S., & Zhou, Y. (2019). Spatial-temporal variability of soil organic matter in urban fringe over 30 years: a case study in Northeast China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (1), 292. doi: 10.3390/ijerph17010292

21. Abdel-Fattah, M. K. (2020). A GIS-based approach to identify the spatial variability of salt affected soil properties and delineation of site-specific management zones: A case study from Egypt. *Soil Science Annual*, 71 (1), 76–85. doi: 10.37501/soilsa/121495

22. Piotrowska-Długosz, A., Lemanowicz, J., Długosz, J., Spychaj-Fabisiak, E., Gozdowski, D., & Rybacki, M. (2015). Spatio-temporal variations of soil properties in a plot scale: a case study of soil phosphorus forms and related enzymes. *Journal of Soils and Sediments*, 16 (1), 62–76. doi: 10.1007/s11368-015-1180-9

23. Usowicz, B., & Lipiec, J. (2017). Spatial variability of soil properties and cereal yield in a cultivated field on sandy soil. *Soil and Tillage Research*, 174, 241–250. doi: 10.1016/j.still.2017.07.015

24. Usowicz, B., & Usowicz, J. B. (2004). *Spatial and temporal variation of selected physical and chemical properties of soil*. Institute of Agrophysics PAS, Lublin.

Стаття надійшла до редакції: 12.03.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Польовий А. М., Микитюк О. Ю., Божко Л. Ю., Барсукова О. А. Оцінка просторової мінливості показників родючості чорноземних ґрунтів геостатистичними методами. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 21–29.

© Польовий Анатолій Миколайович, Микитюк Олександр Юрійович, Божко Людмила Юхимівна, Барсукова Олена Анатоліївна, 2022

Agriculture. Plant growing
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 633.1:631 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.03**

PHYSIOLOGICAL REACTION OF PLANTS OF *FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH BUCKWHEAT VARIETIES UNDER DIFFERENT HYDROPRIMING REGIMES IN THE EARLY STAGES OF ONTOGENESIS

V. Liashenko[1] ORCID 0000-0003-0177-6209
T. Sakhno[1,2*] ORCID 0000-0001-7049-4657
O. Tryhub[3] ORCID 0000-0003-3346-9828
A. Semenov[2] ORCID 0000-0003-3184-6925

[1] Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine
[2] Poltava University of Economics and Trade, 3, Koval str., Poltava, 36003, Ukraine
[3] Ustymivka experimental station of plant growing of the Institute of Plant growing named after V. Ya. Yuriev of NAAS of Ukraine, 25, akademician Vavylova str., v. Ustymivka, Hlobyno district, Poltava region, 39074, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: sakhno2003@ukr.net

How to Cite

Liashenko, V., Sakhno, T., Tryhub, O., & Semenov, A. (2022). Physiological reaction of plants of Fagopyrum esculentum Moench buckwheat varieties under different hydropriming regimes in the early stages of ontogenesis. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 30–38. doi: 10.31210/visnyk2022.02.03

In modern conditions of the need to increase the volume of agricultural production, it may be appropriate to use priming technologies to prepare seed for sowing. We studied the physiological reactions of plants of buckwheat cultivars Fagopyrum esculentum Moench under different regimes of hydropryming in the early stages of ontogenesis. We have studied the physiological responses of Fagopyrum esculentum Moench buckwheat cultivars under various hydropickling regimes at the early stages of ontogenesis. The electrical conductivity of buckwheat seeds was determined by the release of electrolytes into solution during 2–24 h of seed hydration at a temperature of 20°C using an AD8000 ADWA multimeter. Laboratory experiments were performed in three biological and five analytical replicates. In a laboratory experiment, vigour was assessed on day 3 and germination on day 7. Data were processed by conventional statistical methods of analysis. The data were processed by generally accepted statistical methods of analysis. It was found that the buckwheat varieties Rozhevokvita 2-19 and P-454 increased the electrical conductivity of seed exudates in 300 minutes by 52 and 78 % respectively. During priming, the seed growth energy is maximally increased by 46 % for the Rozevokvita 2-19 variety after 24 hours, and by 70 % for the P-454 variety after 10 hours of priming. It was found that for varieties with low growth vigour Rozhevokvita 219 and R-454, hydro-priming increased the energy for 10 hours of seeding by 3.5 and 6 times, respectively. With regard to the buckwheat variety P-338, it is advisable to note the reduction of vigour after priming by almost 40 %. The obtained results reveal some aspects of the mechanism of interaction of hydropryming with plant objects, which allow more reasonable use of hydropryming regimes for growing different varieties of buckwheat.

Key words: *sowing buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench), hydro-priming, electrical conductivity, ontogenesis, germination, vigour.*

ФІЗІОЛОГІЧНА РЕАКЦІЯ РОСЛИН СОРТІВ ГРЕЧКИ ПОСІВНОЇ *FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH ЗА УМОВИ РІЗНИХ РЕЖИМІВ ГІДРОПРАЙМІНГУ НА РАННІХ ЕТАПАХ ОНТОГЕНЕЗУ

***В. В. Ляшенко*[1], *Т. В. Сахно*[1,2], *О. В. Тригуб*[3], *А. О. Семенов*[2]**
[1] Полтавський державний аграрний університет, Полтава, Україна
[2] Полтавський університет економіки і торгівлі, Полтава, Україна
[3] Устимівська дослідна станція рослинництва Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН, с. Устимівка, Полтавська область, Україна

У сучасних умовах необхідності збільшення обсягів виробництва сільськогосподарської продукції доцільним може бути застосування технологій праймінгу для підготовки насіннєвого матеріалу до сівби. Ми дослідили фізіологічні реакції рослин сортів гречки посівної Fagopyrum esculentum Moench при різних режимах гідропраймінгу на ранніх етапах онтогенезу. Електропровідність насіння гречки посівної визначали за виходом електролітів у розчин протягом 2–24 год. гідратації насіння за температури 20 °С за допомогою мультиметра AD8000 ADWA. Лабораторні дослідження проведені у трьох біологічних і пяти аналітичних повторах. У лабораторному експерименті енергія проростання оцінювалася на 3-й день, а схожість – на 7-й день. Дані оброблялися загальноприйнятими статистичними методами аналізу. Виявлено, що у гречки сортів Рожевоквіта 2-19 і П-454 електропровідність ексудатів з насіння збільшилася за 300 хв. на 52 і 78 %, відповідно. За умови гідропраймінгу енергія росту насіння максимально збільшується для сорту Рожевоквіта 2-19 після 24 годин на 46 %, а для сорту П-454 – після 10 годин праймінгу на 70 %. Визначено, що для сортів з низькою енергією росту Рожевоквіта 2-19 та П-454 гідропраймування збільшило енергію проростання за 10-и годинний праймінг у 3,5 раза та 6 разів, відповідно. Стосовно сорту гречки П-338 доцільно відзначити зниження енергії проростання після праймінгу майже на 40 %. Отримані результати розкривають окремі сторони механізму взаємодії гідропраймінгу з рослинними обєктами, що дозволяють більш обґрунтовано використовувати режими гідропраймінгу для вирощування різних сортів гречки посівної.

Ключові слова: *гречка посівна (Fagopyrum esculentum Moench), гідропраймінг, електропровідність, онтогенез, енергія проростання, схожість.*

Вступ

Збільшення врожайності та виробництва сільськогосподарської продукції є пріоритетним напрямом економічного розвитку України. Підвищити продуктивність може застосування ефективних технологій підготовки насіннєвого матеріалу до сівби (хімічні, термохімічні, термічні методи і технічні засоби), а також енергоекономічні прийоми під час обробки не тільки насіння, а й рослин. Багато позитивних відгуків отримала обробка насіння за технологією праймінгу: охолодження [1], тепловий стрес і дія низькоінтенсивного електромагнітного поля [2, 3], дія УФ-С випромінювання [4] та ультразвуку [5]. Усі види праймінгу під час впливу на насіння рослин мають, відповідно, зони стимуляції та пригнічення залежно від технології обробітку. Широко вивчено гідро- та осмопраймінг [6]. Гідропраймінг насіння виявився ефективним підходом, що призводить до посилення появи сходів і підвищеного рівня толерантності до навколишнього середовища та інших стресових умов [7]. Обробка чистою водою [8], коли насіння опускають у дистильовану воду, збільшує швидкість поглинання азоту 11 кілограмів на гектар.

Автори [9] вивчали та спостерігали якість звичайного праймування (12 годин) на насінні кукурудзи протягом двох років. Було встановлено, що результати врожайності були неоднаковими, але спостерігаються ефекти в рості, цвітінні та дозріванні, зокрема більший приріст вегетативної маси, більш раннє цвітіння та дозрівання [10]. Замочування насіння ячменю у воді призводить до кращих показників зрілого насіння та якості соломи. Замочування насіння пшениці у воді протягом близько 12 годин призводить до кращого процесу проростання [11]. Ґрунтування насіння гороху манітолом (4 %) та водою протягом 12 годин за температури близько 25 °С збільшує кількість гілок рослин та біомаси [12]. Гідропраймування насіння квасолі у воді протягом 7–14 годин призводить до кращого росту і розвитку та покращення продуктивності [13]. Метою дослідження [5] було визначення впливу гідропраймінгу та соно-гідропраймінгу на швидкість гідратації зерен рису та

оцінка застосування моделі дифузії Фіка та моделі Пелега для прогнозування поглинання вологи в зерні за обома методами праймінгу, оцінка впливу гідропраймінгу та соно-гідропраймінгу на енергію проростання рису та зміну його морфологічної структури.

Галопраймінг включає замочування насіння в аерованих розчинах неорганічних солей (нітрат калію, хлорид натрію, сульфат кальцію та хлорид кальцію) змінної концентрації [14].

При осмопраймінгу насіння замочують в аерованому розчині цукрів (сорбіт, маніт та ін.), або поліетиленгліколі з подальшим висушуванням поверхні або повторним висушуванням до початкової маси.

Праймінг матриці, відомий як тверде матричне кондиціонування, здійснюється з контрольованою та обмеженою гідратацією, як при гідропраймінгу та осмопраймінгу. Однак праймінг матриці використовує тверде середовище (матриця, яка доставляє воду та поживні речовини насінню до появи радикулу, включаючи вермикуліт і діатомітовий та водопоглинальний полімер). Багато природних речовин використовувались як матриці для твердого праймування, наприклад, вугілля, тирса, вермикуліт, кальцинований каолін, деревне вугілля та комерційні субстрати – продукти на основі гумінової кислоти, які використовуються для поліпшення властивостей ґрунту [7].

Nutripriming – це праймінг насіння в різних розчинах мікроелементів, який останнім часом набирає обертів. Це покращує доступність мікроелементів у рослинах та їхнє остаточне засвоєння в насінні (біопраймування). Результати багатьох досліджень свідчать, що праймування насіння цинком, бором та магнієм із заздалегідь оптимізованими показниками покращує продуктивність різних польових культур завдяки покращенню показників схожості, росту та урожайності [15].

Відомо також, що праймінг насіння гормонами, ризобактеріями, що стимулюють ріст рослин, та іншими джерелами органіки покращує ріст і продуктивність польових та садових культур в оптимальних та несприятливих умовах [16, 17].

Однак механізм процесів праймінгу з насінням різних рослин до кінця невивчений. Незважаючи на існування різних точок зору, багато вчених єдині в головному: праймінг впливає, насамперед, на фізико-хімічні процеси, а через них – на спрямованість біохімічних реакцій. Зважаючи на це, актуальним є дослідження фізіологічних ефектів, які викликає у рослин гідропраймінг на ранніх етапах онтогенезу.

Проникність клітинних мембран насіння і, як наслідок, електропровідність витяжки з них можуть бути показником схожості та енергії проростання насіння. Висока електропровідність фільтратів із насіння вказує на низьку польову схожість. Електропровідність збільшується через зниження активності клітинних мембран, пошкодження плазмалеми та утворення вільних радикалів.

Тест на електропровідність заснований на тому, що насіння при замочуванні у воді виділяє іони, цукри та інші метаболіти на початку періоду замочування через зміни цілісності клітинних мембран залежно від кількості води та рівня псування насіння. У зіпсованому насінні механізм відновлення відсутній або неефективний, або мембрани повністю пошкоджені, що дає змогу вимивати більшу кількість електроліту. Хоча результати випробувань на електропровідність відтворюються в лабораторіях, деякі фактори впливають на результати, такі як розмір насіння, температура замочування, період замочування, початковий вміст води і наявність фізично пошкодженого насіння. Проте всі ці фактори можна контролювати, щоб мінімізувати їхній вплив [18]. Крім того, існує інша група факторів, які не можна легко контролювати, наприклад, вплив генотипу, стадія розвитку насіння під час збирання та умови зберігання.

Мета цієї роботи – вивчити фізіологічні реакції рослин сортів гречки посівної *Fagopyrum esculentum* Moench з колекції Устимівської дослідної станції рослинництва Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН (с. Устимівка, Глобинський район, Полтавська область) при різних режимах гідропраймінгу на ранніх етапах онтогенезу.

Завдання дослідження: визначити залежність електропровідності витяжки з насіння від часу замочування за умови без промивання насіння та після триразового промивання дистильованою водою; дослідити залежність енергії проростання сортів гречки залежно від тривалості гідропраймінгу; проаналізувати вплив режимів праймування на морфометричні параметри ювенільних рослин гречки посівної.

Матеріали і методи досліджень

Як стимулюючий фактор впливу на рослини було вибрано гідропраймінг. Насіння гречки посівної (*Fagopyrum esculentum* Moench) були оброблені наступними режимами: 10 і 24 години замочування. Контролем виступало необроблене насіння.

Вибір режимів праймування обумовлений виконаними раніше теоретичними й експериментальними дослідженнями праймінгу взаємодії з біологічною мембраною, які підтвердили правильність узятої як об'єкт для електродинамічного аналізу моделі структури біологічної мембрани. Енергія проростання та схожість у лабораторному експерименті оцінювалися на 3-й і 7-й день, відповідно. Обидва показники відображені у відсотках пророслого насіння до їхньої загальної кількості у пробі. Проростими вважали насіння, у яких довжина корінців або одного головного корінця становила не менше довжини насінини, а довжина проростка досягала не менше половини довжини насіння [19]. Повторність досліду була триразовою.

Для оцінки посівних якостей насіння сільськогосподарських культур використовується фізіологічний параметр «вихід електролітів» із насіння. Вважається, що чим нижча питома електропровідність водних витяжок із насіння, тим міцніше клітинні мембрани. Електропровідність аналізували за дослідженнями [18, 22]. Три зразки з 10 г насіння без механічних пошкоджень. Насіння спочатку тричі промивали водою, потім кілька разів промивали деіонізованою водою та замочували в 200 мл конічній колбі з 100 мл деіонізованої води. Електропровідність насіння гречки визначали за виходом електролітів у розчин протягом 2–24 год. гідратації насіння за температури 20 °С за допомогою мультиметра AD8000 ADWA [22].

Лабораторні досліди проведені у трьох біологічних і п'яти аналітичних повторах. Дані оброблялися загальноприйнятими статистичними методами аналізу [23].

Результати досліджень та їх обговорення

Пусковим фактором проростання насіння є процес набубнявіння, пов'язаний з надходженням води через напівпроникні прикордонні бар'єри (насіннєві покриви, клітинні стінки і мембрани). Однак швидкість надходження води і інтенсивність виходу речовин через насіннєві покриви визначаються властивостями цих бар'єрів, фізіологічною якістю насіння [24] і впливом на них ендо- та екзогенних факторів. Зважаючи на це, на насінні ди- і тетраплоїдних форм гречки вивчені цілісність їх насіннєвих оболонок і функціональна активність клітинних мембран під час набубнявіння під дією праймінгу в декількох режимах, що розрізняються часом впливу. Кондуктометричний метод дає змогу оцінити цілісність клітинних мембран за виходом клітинних метаболітів, зокрема електролітів (таких як сахарофосфати, амінокислоти, K^+ тощо) в розчин. Залежно від того, як насіння гідратується, здатність їх клітинних мембран до відновлення пошкоджень, отриманих у період дозрівання та зберігання, буде впливати на ступінь виходу електролітів. Отже, чим вище швидкість, з якою насіння можуть відновлювати цілісність мембран, тим нижче вихід електролітів і тим краще якість насіння.

1. Характеристика сортів гречки, які використовувалися у дослідженнях

Назва сорту гречки	№ Національного каталогу України	Рік отримання урожаю	Сорти гречки за хромосомним складом
Ольга	UC0102215	2020	диплоїд
П-338	UC0100969	2019	тетраплоїд
П-454	UC0101071	2018	диплоїд
РС-9-13	UC0102020	2020	диплоїд
Рожевоквіта 2-19	UC0102225	2020	диплоїд

Результати дослідження залежності електропровідності витяжки з насіння від часу замочування представлені на рисунках 1–2.

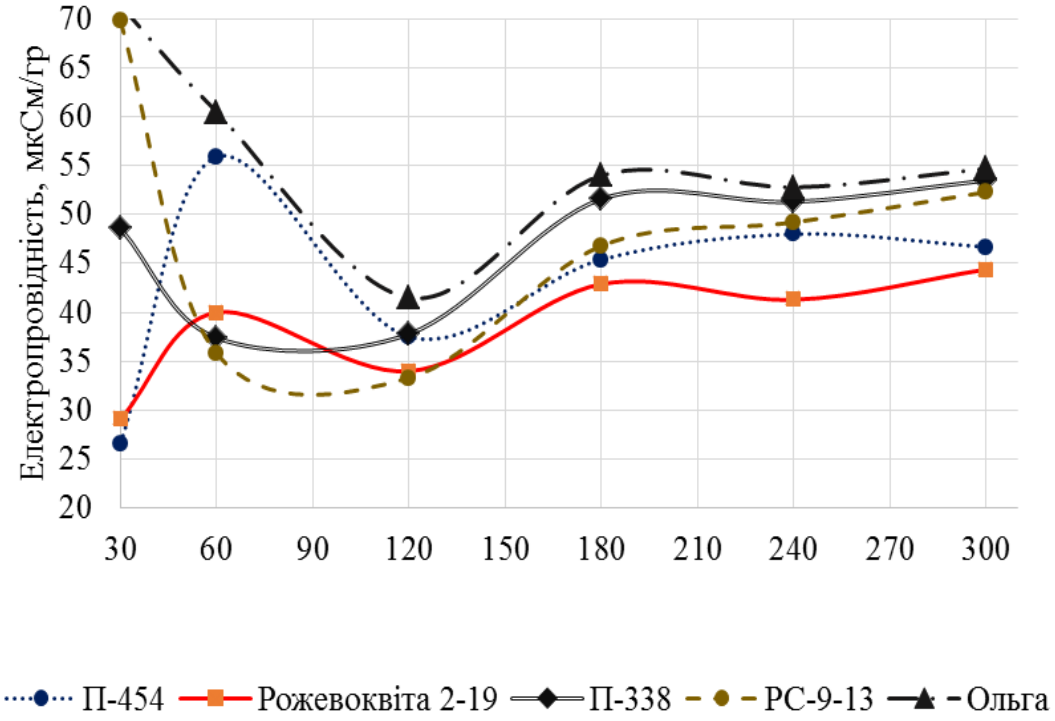


Рис. 1. Залежність електропровідності витяжки з насіння від часу замочування без попереднього промивання насіння

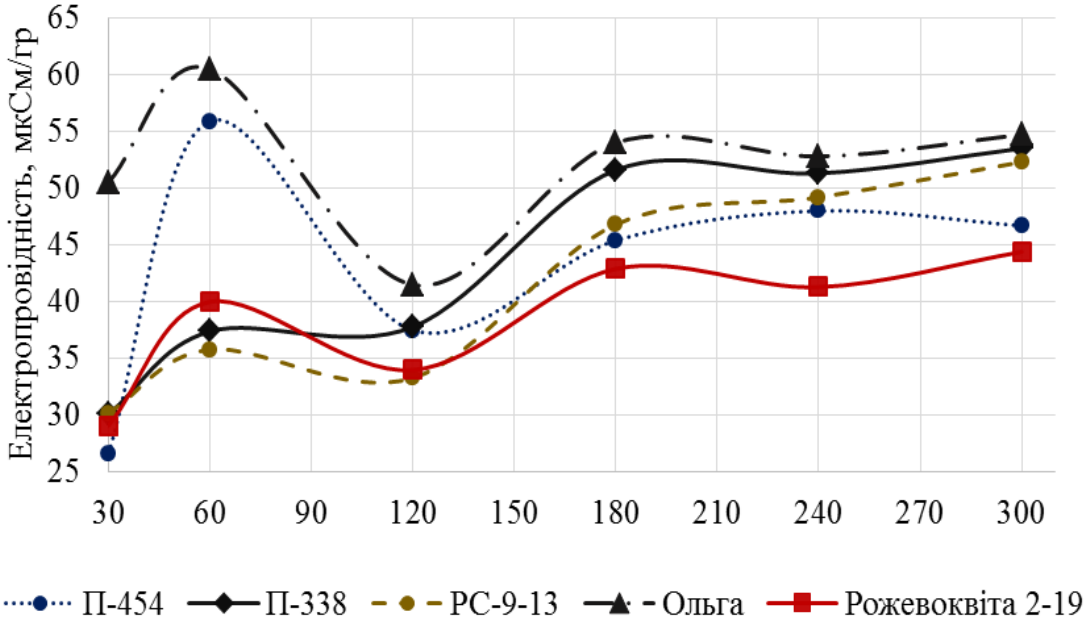


Рис. 2. Залежність електропровідності витяжки з насіння від часу замочування після триразового промивання дистильованою водою

Під час експерименту встановлено, що у гречки сортів Рожевоквіта 2-19 і П-454 електропровідність ексудатів з насіння збільшилася за 300 хв. на 52 і 78 % відповідно. За праймінгу енергія росту насіння гречки (рис. 3) максимально збільшується для сорту Рожевоквіта 2-19 після 24 годин (з 13 % до 59 %), а для сорту П-454 – після 10 годин праймінгу (з 14 % до 84 %).

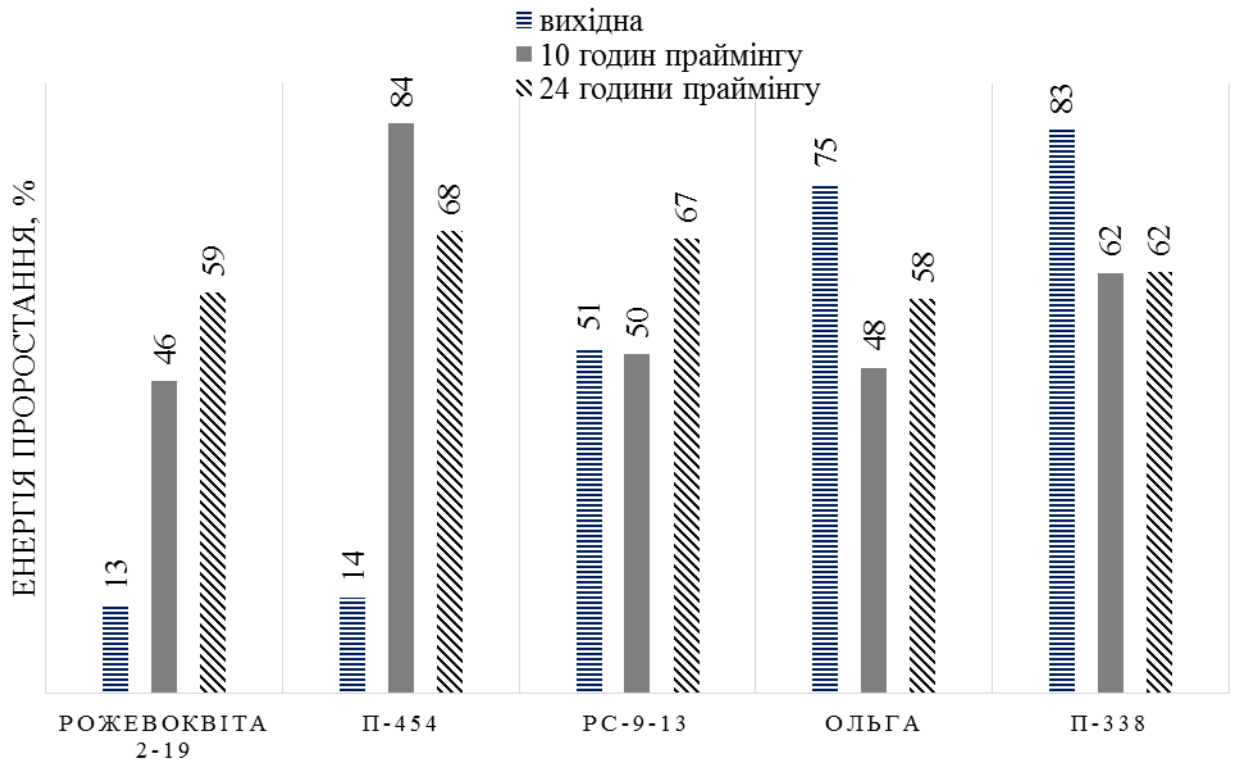


Рис. 3. Залежність енергії прорастання сортів гречки залежно від тривалості гідропраймингу

Зі збільшенням часу до 30 хв. мембрани насіння гречки все більше дестабілізуються та вихід електролітів стає вищим. Однак для різних сортів гречки електропровідність змінюється нерівномірно: для П-454 Рожевоквіта 2-19 – збільшується; для Ольга, РС-9 і П-338 – зменшується й уже після 2 годин стабілізується, а з часом для всіх сортів – збільшується. У всіх сортів гречки через 2 години після інкубації насіння у воді виявляється чітка залежність електропровідності ексудатів від часу. До кінця експерименту відзначені зниження проникності покривів і стабілізація мембранного комплексу. Через 300 хв. гідратації насіння проникність насіннєвих оболонок була вище контролю на 24, 30, 32, 41 і 57 % для сортів П-454, Рожевоквіта 2-19, Ольга, П-338 і РС-9-13 відповідно. За результатами досліджень лише для сорту гречки Рожевоквіта 2-19 спостерігається кореляція електропровідності з енергією проростання (рис. 2).

Далі проведено дослідження ростових процесів сортів гречки, насіння яких були оброблені двома режимами гідропраймінгу. Виявлено, що для сортів з низькою енергію росту Рожевоквіта 2-19 та П-454 гідропраймування збільшило енергію за 10 годинний праймінг у 3,5 раза та 6 разів відповідно. Для сорту гречки РС-9-13 зміни були незначні, а для сортів Ольга та П-338 енергія проростання знизилась за 10 годинного праймінгу на 1,9 % і 36 % відповідно, та на 29,3 % за 24-и годинний праймінг для сорту Ольга. Однак для сорту гречки РС-9-13 через 24-и годинний праймінг відбулося зростання енергії проростання на 31,4 % щодо контролю (рис. 3). Стосовно сорту гречки П-338 доцільно відзначити зниження енергії проростання після праймінгу майже на 40 % та її незмінність від 10-и і 20-и годинного праймінгу. Максимальне зниження посівних якостей відзначено у сорту гречки Ольга з мінімальним часом гідропраймінгу 10 годин.

Аналіз посівних якостей насіння різних сортів після впливу гідропраймінгу показав, що, як результат, обговорювані показники можуть підвищуватись у 3–5 разів за низьких початкових значеннях. Водночас енергія проростання і схожість може й зменшуватись на 20–30 % за умови гідропраймінгу, а на деякі сорти взагалі не чинили достовірно значимого впливу (див. рис. 3).

Під час дослідження встановлено дещо інша реакція ростових процесів гречки різних сортів у відповідь на два режими праймування. Виявлено, що всі режими стимулювали ріст пагонів (табл. 2).

2. Вплив режимів праймування на морфометричні параметри ювенільних рослин гречки посівної

Сорт	Режим обробки, год.	Довжина, мм		Маса, г
		корені	проростки	
П-454	0	70	56	0,173
	10	71	54	0,171
	24	66	68	0,167
П-338	0	40	30	0,110
	10	55	62	0,189
	24	37	37	0,150
Рожевоквіта 2-19	0	52	69	0,162
	10	32	35	0,125
	24	63	71	0,170
Ольга	0	52	37	0,184
	10	55	58	0,200
	24	44	44	0,182
РС-9-13	0	70	80	0,170
	10	86	93	0,210
	24	37	41	0,105

Відзначено збільшення довжини проростків після впливу праймування: в разі різних сортів від 2,9 % (Рожевоквіта 2-19 при 24-и годинному праймінгу) до 107 % (П-338 при 10-и годинному праймінгу) і тільки у двух сортів П-454 та Рожевоквіта 2-19 при 10-и годинному праймінгу спостерігалось зменшення довжини пагонів на 3,6 і 49 % відповідно (див. табл. 2). Причому довжина корінців при 10-и годинному праймінгу збільшувалася незначно і відрізнялася від контролю – від 5,8 % (сорт Ольга) до 27,3 % (сорт П-338).

Реакція ростових процесів коренів залежала від сорту. Застосування праймінгу знижувало довжину коренів майже у всіх сортів: при 24-и годинному замочуванні П-454 – на 6 %, П-338 – на 7,5 %, Ольга – на 15 %, а при 10-и годинному замочуванні Рожевоквіта 2-19 – на 8 %. Приріст маси був більш істотним – від 4,9 % (Рожевоквіта 2-19 при 24-и годинному праймінгу) до 71,8 % (П-338 при 10-и годинному праймінгу). Збільшення спостерігалось для сорту П-338 на 71,8 % при 10-и годинному і зменшення на 36,4 % при 24-и годинному праймуванні.

Аналіз впливу різних режимів праймінгу на накопичення маси проростків у рослин гречки сорту П-338 показав позитивні результати у обох дослідних варіантах. Найбільш істотно накопичення маси щодо контролю підвищувало застосування режиму 10-и годинного праймінгу для сорту П-338 – 71,8 %. Негативний результат отримано для режиму Рожевоквіта 2-19 при 10-и годинному праймінгу – 22,8 %, хоча при збільшенні часу праймування до 24-х годин – негативний результат змінюється на незначний позитивний – 4,9 %. (див. табл. 2). Отже, приріст маси відбувався або за рахунок підвищення оводненості в результаті осмотичного стресу, або за рахунок зрушень в активності й інтенсивності метаболічних процесів.

Висновки

Отже, встановлена сортоспецифічна реакція ди- і тетраплоїдних сортів гречки посівної на режими праймінгу. Відзначено, що для сорту П-454 електропровідність ексудатів збільшується менше – всього на 24 %, а праймування насіння цього сорту при 10-и та 24-х годинах не дає позитивного ефекту. Тоді як для сорту П-338 електропровідність збільшується на 41 % і праймування дає майже для всіх досліджуваних показників позитивні результати.

Також виявлено, що за залежністю електропровідності ексудатів можна зробити висновок про застосування режимів гідропраймування – при збільшенні електропровідності через 300 хвилин на 40–50 % можна рекомендувати праймування насіння, а при 24–30 % праймування може призводити до гальмування проростання та ростових процесів щодо контролю. Отримані результати розкривають окремі сторони механізму взаємодії гідропраймінгу з рослинними об'єктами та дадуть змогу більш обґрунтовано використовувати певні режими гідропраймінгу при вирощуванні різних сортів гречки посівної.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні впливу іншого виду праймінгу – УФ-С випромінювання на фізіологічну реакцію рослин гречки посівної.

References

1. Song, Y., Jia, Z., Hou, Y., Ma, X., Li, L., Jin, X., & An, L. (2020). Roles of DNA Methylation in Cold Priming in Tartary Buckwheat. *Frontiers in Plant Science*, 11, 608540. doi: 10.3389/fpls.2020.608540
2. Elovskaya, ZH. E., Mazec, N. V., Pushkina, V. A., & Karpovich, N. A. (2016). Osobennosti reakcii tetraploidnyh sortov grechihi posevnoj (Fagopyrum Sagittatum Gilib) na nizkointensivnoe elektromagnitnoe vozdejstvie na nachal'nyh etapah ontogeneza. *Vesci Belorusskogo Gosudarstvennogo Pedagogicheskogo Universiteta*, 3 (1), 14–22. [In Russian].
3. Mazets, Z. E., Susha, O. A., Yalouskaya, N. A., Kalatskaja, J. N., & Bonina, T. A. (2017). Issledovanie fiziologicheskih effektov nizkointensivnogo elektromagnitnogo izlucheniya na grechihe posevnoj. *Zhurnal Belorusskogo Gosudarstvennogo Universiteta*, 2, 36–42. [In Russian].
4. Semenov, A., Sakhno, T., Hordieieva, O., & Sakhno, Y. (2021). Pre-sowing treatment of vetch hairy seeds, vicia villosa using ultraviolet irradiation. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 7 (4), 555–564. doi: 10.22034/gjesm.2021.04.05
5. Kalita, D., Jain, S., Srivastava B., & Goud, V. V. (2021). Sono-hydro priming process (ultrasound modulated hydration): Modelling hydration kinetic during paddy germination. Ultrasonics Sonochemistry, 70, 105321. doi: 10.1016/j.ultsonch.2020.105321
6. Hasanuzzaman, M., & Fotopoulos, V. (Eds.). (2019). *Priming and pretreatment of seeds and seedlings implication in plant stress tolerance and enhancing productivity in crop plants*. Springer.
7. Paparella, S., Araújo, S. S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D., & Balestrazzi, A. (2015). Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Reports,* 34 (8), 1281–1293. doi: 10.1007/s00299-015-1784-y
8. Thapa, S., Adhikari, J., Limbu, A. K., Joshi, A., & Nainabasti, A. (2020). Significance of seed priming in agriculture and for sustainable farming. *Tropical Agroecosystems (TAEC)*, 1 (1). doi: 10.26480/taec.01.2020.01.06
9. Murungu, F. S., Chiduza, C., Nyamugafata, P., Clark, L. J., Whalley, W. R., & Finch-Savage, W. E. (2004). Effects of "on-farm seed priming" on consecutive daily sowing occasions on the emergence and growth of maize in semi-arid Zimbabwe. *Field Crops Research*, 89 (1), 49–57.
10. Harris, D., Pathan, A., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W., & Nyamudeza, P. (2001). Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. *Acta Agronomica Hungarica*, 53 (4), 433–437. doi: 10.1556/AAgr.53.2005.4.9
11. Giri, G. S., & Schillinger, W. F. (2003). Seed Priming Winter Wheat for Germination, Emergence, and Yield. *Crop Science*, 43 (6), 2135–2141. doi: 10.2135/cropsci2003.2135
12. Kaur, S., Gupta, A. K., & Kaur, N. (2002). Effect of osmo-and hydropriming of chickpea seeds on crop performance in the field. *International Chickpea and Pigeonpea Newsletter*, 9, 15–17.
13. Ghassemi-Golezani, K., Chadordooz-Jeddi, A., Nasrullahzadeh, S., & Moghaddam, M. (2010). Influence of hydro-priming duration on field performance of pinto bean (*Phaseolus vulgaris L.*) cultivars. *African Journal of Agricultural Research*, 5 (9), 893–897.
14. Jisha, K. C., & Jos, T. (2014). Puthur Halopriming of seeds imparts tolerance to NaCl and PEG induced stress in *Vigna radiata* (L.) Wilczek varieties. *Physiology and Molecular Biology Plants*, 20 (3), 303–312. doi: 10.1007/s12298-014-0234-6
15. Majda, C., Khalid, D., Aziz, A., Rachid, B., Badr, A.-S., Lotfi, A., & Mohamed, B. (2019). Nutri-priming as an efficient means to improve the agronomic performance of molybdenum in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Science of The Total Environment, 661, 654–663. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.01.188
16. Maksimov, I. V., & Hajrullin, R. M. (2019). Fitoimmunitet i mikrobiom rastenij. Agrarnaya Nauka, 2, 40–44. doi: 10.32634/0869-8155-2019-326-2-40-44 [In Russian].
17. Rhaman, M. S., Imran, S., Rauf, F., Khatun, M., Baskin, C. C., Murata, Y., & Hasanuzzaman, M. (2021). Seed Priming with Phytohormones: An Effective Approach for the Mitigation of Abiotic Stress. *Plants*, 10, 37. doi: 10.3390/plants10010037
18. Fessel, S. A., Vieira, R. D., Cruz, M. C. P. D., Paula, R. C. D., & Panobianco, M. (2006). Electrical conductivity testing of corn seeds as influenced by temperature and period of storage. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41 (10), 1551–1559. doi: 10.1590/S0100-204X2006001000013

19. *DSTU 4138-2002. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti. Chynnyi vid 2004-01-01*. (2002). Kyiv [In Ukrainian].

20. Xu, L., Pan, Y., & Yu, F. (2015). Effects of water-stress on growth and physiological changes in Pterocarya stenoptera seedlings. *Scientia Horticulturae,* 190, 11–23.

21. Bailly, C., Audigier, C., Ladonne, F., Wagner, M. H., Coste, F., Corbineau, F., & Come, D. (2001). Changes in oligosaccharide content and antioxidant enzyme activities in developing bean seeds as related to acquisition of drying tolerance and seed quality. *Journal of Experimental Botany*, 52, 701–708.

22. TeKrony, D. M. (1995). Seed Vigor Testing. *Journal of Seed Technology,* 8, 55–60.

23. Zajcev, G. N. (1984). *Matematicheskaya statistika v eksperimental'noj botanike*. Moskva: Nauka [In Russian].

24. Pushkina, N. V., Kurchenko, V. P., & Kalackaya, Zh. N. (2016). Vozmozhnost' ispol'zovaniya elektrofizicheskih metodov dlya ocenki fiziologicheskogo kachestva semyan kukuruzy. *Vestnik Bishkekskogo Gosudarstvennogo Universiteta, Seriya 2 Himiya. Biologiya. Geografiya*, 1, 26–30. [In Russian].

25. Semenov, A., Sakhno, T., & Semenova, K. (2021). Influence of UV Radiation on Physical and Biological Properties of Rapeseed in Pre-Sowing Treatment. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 10 (4), 217–223. doi: 10.35940/ijitee.D8587.0210421

26. Semenov, A., Korotkova, I., Sakhno, T., Marenych, M., Hanhur, V., Liashenko, V., & Kaminsky, V. (2020). Effect of UV-C radiation on basic indices of growth process of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds in pre-sowing treatment. *Acta agriculturae Slovenica*, 116/1, 49–58. doi: 10.14720/aas.2020.116.1.1563

Стаття надійшла до редакції: 14.03.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Ляшенко В. В., Сахно Т. В., Тригуб О. В., Семенов А. О. Фізіологічна реакція рослин сортів гречки посівної *Fagopyrum esculentum* Moench за умови різних режимів гідропраймінгу на ранніх етапах онтогенезу. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 30–38.

© Ляшенко Віктор Васильович, Сахно Тамара Вікторівна, Тригуб Олег Володимирович, Семенов Анатолій Олексійович, 2022

Agriculture. Plant growing
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 579.64:632.4:633.11 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.04**

INFLUENCE OF BIOLOGICAL PREPARATIONS ON THE NUMBER MICROMYCETES OF RHIZOSPHERIC SOIL THE SPRING BARLEY PLANTS

I. Mosiychuk ORCID 0000-0003-3830-2912
I. Beznosko* ORCID 0000-0002-2217-5165
T. Gorgan ORCID 0000-0001-8980-7895
L. Havrylyuk ORCID 0000-0001-6901-0766
V. Mineralova ORCID 0000-0003-1113-1535

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, Metrologichna st., 12, Kyiv, 03143, Ukraine
Corresponding author
E-mail: beznoskoirina@gmail.com.

How to Cite

Mosiychuk, I., Beznosko, I., Gorgan, T., Havrylyuk, L., & Mineralova, V. (2022). Influence of biological preparations on the number micromycetes of rhizospheric soil the spring barley plants. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 39–49. doi: 10.31210/visnyk2022.02.04

Biological preparations have the ability to regulate the life processes of plants and soil microflora, to mobilize potential opportunities formed in the genome thanks to nature and selection. Therefore, the purpose of our study was to investigate the influence of biological preparations Oracle multicomplex, Pennant 2 and the mixture Oracle multicomplex + Pennant 2 to the number of rhizosphere soil micromycetes of different varieties of Sebastian and Helios spring barley. The number of micromycetes in the rhizosphere soil of spring barley was the lowest during the effect of the mixture of Oracle multicomplex + Vimpel 2 preparations, which was from 5.0 to 7.0 million CFU g/soil. The number of micromycetes in the rhizosphere soil of spring barley also decreased significantly under the influence of the Oracle multicomplex preparations, which averaged 5.5 million CFU/g of soil and Vimpel 2. Their number under sowing of both varieties reached 6.0–8.0 million CFU/g soil. At the same time, the number of micromycetes was 1.5–2 times higher on the control version. In the budding and flowering phase, 9 genera of micromycetes parasitized the control variant: Fusarium spp., Chaetomium spp., Cladosporim spp., Alternaria spp., Aspergillus spp., Trichoderma spp., Acremonium spp., Bipolaris spp. and Penicillium spp. Their frequency of occurrence was up to 20 % on the Sebastian variety and up to 15 % on the Helios variety. In the ripening phase, the number of rhizosphere soil micromycetes increases and the frequency of occurrence of these species increases significantly to 70 %. During the action of Oracle multicomplex, Vympel 2 and their mixture, a smaller number of species of rhizosphere soil micromycetes was observed with a significantly lower frequency of occurrence, which reached 4–35 %. The spring barley variety Helios is able to have a greater effect on the number of micromycetes in the rhizosphere soil compared to the Sebastian variety under the influence of biological preparations. It depends on the properties of the variety's plants, which are characterized by a certain set of physiological and biochemical characteristics that affect the number and quantitative composition of soil micromycetes. The use of these drugs in crops will help reduce the accumulation of infectious structures in agrocenoses and provide an opportunity to obtain ecologically clean, high-quality organic products.

***Key words**: agrocenosis, colony-forming units (CFU), frequency of occurrence, phases of ontogenesis, genera of micromycetes, preparations and their mixtures.*

ВПЛИВ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ЧИСЕЛЬНІСТЬ МІКРОМІЦЕТІВ РИЗОСФЕРНОГО ҐРУНТУ РОСЛИН ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

І. І. Мосійчук, І. В. Безносko, Т. М. Горган, Л. В. Гаврилюк, В. О. Мінералова
Інститут агроекології та природокористування НААН, м. Київ, Україна

Біологічні препарати здатні регулювати процеси життєдіяльності рослин і ґрунтової мікрофлори, мобілізувати потенційні можливості, закладені у геномі природою і селекцією. Тому метою нашого дослідження було дослідити вплив біологічних препаратів Оракул мультикомплекс, Вимпел 2 та суміші Оракул мультикомплекс + Вимпел 2 на чисельність мікроміцетів ризосферного ґрунту різних сортів ячменю ярого Себастьян і Геліос. Чисельність мікроміцетів ризосферного ґрунту ячменю ярого була найнижчою під час дії суміші препаратів Оракул мультикомплекс + Вимпел 2, що становила від 5,0 до 7,0 млн КУО г/ґрунту. Також істотно знижувалася чисельність мікроміцетів ризосферного ґрунту рослин ячменю ярого під час дії препаратів Оракул мультикомплекс, яка становила в середньому 5,5 млн КУО/г ґрунту та Вимпел 2, де їх кількість під посівом обох сортів сягала 6,0–8,0 млн КУО/г ґрунту. Водночас на контрольному варіанті чисельність мікроміцетів була в 1,5–2 рази вищою. У фазі кущення та цвітіння на контрольному варіанті паразитувало 9 родів мікроміцетів: Fusarium spp., Chaetomium spp., Cladosporim spp., Alternaria spp., Aspergillus spp., Trichoderma spp., Acremonium spp., Bipolaris spp. та Penicillium spp., де їх частота трапляння була до 20 % на сорті Себастьян та до 15 % на сорті Геліос. У фазі дозрівання чисельність мікроміцетів ризосферного ґрунту зростає та частота трапляння цих видів істотно підвищується до 70 %. Під час дії препаратів Оракул мультикомплекс, Вимпел 2 та їхньої суміші спостерігали меншу кількість видів мікроміцетів ризосферного ґрунту з істотно нижчою частотою трапляння, що сягала 4–35 %. Сорт ячменю ярого Геліос під час дії біологічних препаратів здатний більшою мірою впливати на чисельність мікроміцетів у ризосферному ґрунті порівняно із сортом Себастьян. Це залежить від властивостей рослин сорту, які характеризуються певним набором фізіолого-біохімічних ознак, що впливали на чисельність та кількісний склад мікроміцетів ґрунту. Використання цих препаратів у посівах сприятиме зниженню накопичення інфекційних структур в агроценозах та надасть можливість отримати екологічно чисту високоякісну органічну продукцію.

Ключові слова: *агроценоз, колонієутворювальні одиниці (КУО), частота трапляння, фази онтогенезу, роди мікроміцетів, препарати та їхні суміші.*

Вступ

Ячмінь ярий є однією із основних сільськогосподарських культур. Його площі посівів сягають понад 1,6 млн га [1]. Зерно ячменю – цінний концентрований корм для тварин, сировина для пивоваріння та виробництва перлової і ячної круп, а також широко застосовують у спиртовій, кондитерській та інших галузях легкої промисловості [2].

Однак досягнутий рівень його культивування не повною мірою задовольняє потреби народного господарства у високоякісному пивоварному, продовольчому та фуражному зерні. Однією з причин недобору врожаю в Україні є його ураження фітопатогенними мікроміцетами: втрати врожаю насіння від хвороб можуть досягати 75 %. І як наслідок, однією з найважливіших складників технологій вирощування рослин є їх захист від фітопатогенних мікроорганізмів [3]. Інтенсивне використання хімічних засобів захисту рослин має негативний вплив на довкілля та якість отриманої продукції. Постійно підвищується резистентність збудників хвороб до хімічних речовин, а препарати з часом втрачають свою ефективність. Фунгіциди хімічного походження часто негативно впливають на рослини і спричиняють уповільнення їх росту, а іноді призводять до припинення їх розвитку [4, 5].

Вочевидь, надійною гарантією екологічної безпеки може бути застосування біологічних засобів захисту та регуляторів росту рослин, які, на відміну від пестицидів хімічного синтезу, після внесення в агроекосистему призводять до якісних та кількісних змін серед компонентів біоти. Використання в сучасних технологіях мікробіологічних препаратів не тільки підвищує стійкість рослин до фітопатогенів, продуктивність і якість продукції, але і сприяє оздоровленню агроценозів від шкідливої дії хімічних препаратів. На сучасному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва в інтегрованих системах захисту рослин використання біологічного методу набуває дедалі більшого

поширення, оскільки він базується на застосуванні нових ефективних та екологічно безпечних мікробіологічних препаратів і регуляторів росту й розвитку рослин, які здатні спрямовано регулювати процеси життєдіяльності рослин і ґрунтової мікрофлори, мобілізувати потенційні можливості, закладені в геномі природою і селекцією [6].

Однак біопрепарати мають різний спектр дії, і не завжди передпосівна інокуляція насіння мікробними препаратами є дієвим засобом, тому актуальним напрямом досліджень є визначення впливу біологічних препаратів на чисельність ґрунтових мікроміцетів в агроценозах ячменю ярого.

Для підвищення продуктивності сільськогосподарських посівів ячменю ярого актуальним є застосування сучасних сортів та добрив природного походження [7–10]. Сорт із комплексною стійкістю проти хвороб може дати приріст урожайності в 1–1,5 т/га без застосування засобів захисту порівняно із сортами, які уражуються збудниками хвороб [11]. Тому для подальших досліджень ми обрали один сорт вітчизняної селекції Геліос та інший –зарубіжної селекції Себастьян, що характеризується груповою стійкістю до комплексу хвороб та високими показниками врожайності за 2021 р.

З 2001 р. на українському ринку мікродобрив значного поширення набувають альтернативні препарати без вмісту ЕДТА у своєму складі. До таких належать продукти компанії ТОВ «Долина» [12], зокрема: рідке мікродобриво Оракул мультикомплекс, що містить макро- та мікроелементи в достатній кількості для забезпечення рослин основними поживними речовинами та Вимпел 2 – комплексний природно-синтетичний препарат, що є інгібітором хвороб. Ці препарати почали широко використовувати для покращення росту і розвитку рослин та підвищення урожайності, оскільки препарати Оракул мультикомплекс та Вимпел 2 здатні захистити рослини від хвороб шляхом посилення імунітету, стимуляції природної здатності рослини чинити опір хворобам. Завдяки підвищенню імунітету ураженість рослин знижується в 1,5–2 рази. Це дає підстави вважати, що ці препарати можуть впливати на чисельність мікроміцетів в агроценозах ячменю ярого.

Метою наших досліджень було дослідити вплив біологічних препаратів Оракул мультикомплекс, Вимпел 2 та суміші Оракул мультикомплекс + Вимпел 2 на чисельність мікроміцетів ризосферного ґрунту різних сортів ячменю ярого Себастьян і Геліос.

Завдання дослідження – визначати чисельність мікроміцетів та частоту трапляння родів мікроміцетів у ризосферному ґрунті різних сортів ячменю ярого під час дії біологічних препаратів.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження здійснювали впродовж вегетаційного періоду на базі тимчасового польового досліду, що розташований у Сквирській дослідній станції органічного виробництва (Київська область).

Територія Сквирської дослідної станції характеризується помірно-теплим, помірно-вологим кліматом, який є спрятливим для росту і розвитку рослин ячменю ярого. Загальновідомо, що на онтогенез рослин та поширення і розвиток хвороб суттєво впливає температура і кількість опадів. Інтегрованим показником цих факторів є гідротермічний коефіцієнт (ГТК, коефіцієнт Г. Т. Селянінова).

Зенові культури, зокрема ячмінь ярий добре розвиваються, якщо показник ГТК 1,0–1,5 (достатнє зволоження). Проте якщо ГТК ≥1,0, різко зростає ймовірність розвитоку альтернаріозу, фузаріозів та інших хвороб рослини.

1. Характеристика погодних умов дослідних станцій за гідротермічним коефіцієнтом протягом вегетаційного періоду

Установа	Область	Тип ґрунту	Коефіцієнт ГТК			
			квітень	травень	червень	липень
Сквирська дослідна станція органічного виробництва НААН	Київська	чорнозем глибокий малогумусний слабовилугований середньосуглинковий	1,7	1,8	0,9	0,8

Примітки: ГТК ≥1 – достатнє зволоження; ГТК 0,8-1,0 – помірне зволоження; ГТК 0,6-0,7 – недостатнє зволоження.

За результатами підрахунку ГТК, що представлений у табл. 1, можна зробити висновки, що вегетаційний період 2021 року в Київській обл. був достатньо зволожений у квітні–травні, де ГТК становило1,7–1,8. Несприятливі погодні умови, такі як перезволоження, сприяли збільшенню чисельності мікроміцетів ґрунту.

Зразки ризосферного ґрунту відбирали згідно з ДСТУ 7847:2015 [13]. Для визначення кількості мікроорганізмів у ґрунті з досліджуваної території відбирали від 3 до 7 окремих проб масою 100–200 г та готували середню пробу ґрунту.

Схему досліду для визначення чисельності мікроміцетів у ризосферному ґрунті під посівом ячменю ярого під час дії різних біологічних препаратів було закладено рендомізованим способом, де в ній містились ділянки з Вимпелом 2, Оракул мультикомплекс, Вимпел 2 + Оракул мультикомплекс та контроль (вода).

Чисельність мікроміцетів у ризосфері рослин ячменю ярого сортів Себастьян і Геліос визначали до внесення добрив (посів насіння) та у фазах: кущення, цвітіння, дозрівання методом розведення і глибинного посіву ґрунтової суспензії на поживних середовищах (ДСТУ 4287:2004, 2005) [14]. Дослідження були проведені в лабораторії біоконтролю агроекосистем та органічного виробництва Інституту агроекології і природокористування.

Для контрольної та дослідної вибірок вираховують середньоарифметичне значення та середньоквадратичне відхилення, за якими обчислюють для кожної вибірки коефіцієнт варіації С:

$$C = \frac{\text{Дельта}}{\text{Хср}} * 10, \qquad (1)$$

де Дельта – середньоквадратичне відхилення; $X_{ср}$ – середньоарифметичне значення.

У разі отримання значення коефіцієнта варіації понад 15% хоча б для однієї із вибірок, експеримент повторюють. При значенні коефіцієнта варіації для кожної із вибірок менше чи на рівні 15 % результат вважають статистично значимим. Під час підрахунку колоній вибирають те розведення, де їхня кількість не перебільшує 50–150 [15].

Кількість колоній, які виросли, підраховують за допомогою автоматичного лічильника SCAN4000 (Interscience, France). При більшій кількості колоній і їхнього рівномірного розташування дно чашки Петрі умовно ділять на 4 або більше однакових секторів, рахують кількість колоній у двох-трьох секторах (але не менше, ніж на 1/3 поверхні чашки), знаходять середнє арифметичне число колоній і множать на загальну кількість секторів на одній чашці.

Чисельність мікроорганізмів у розрахунку на 1 г сухого ґрунту (Х) в КУО обчислюють за формулою:

$$X = \frac{a \times b \times 10^n}{V}, \qquad (2)$$

де Х – кількість клітин в 1 г сухого ґрунту; а – середня кількість підрахованих колоній, од.; b – коефіцієнт вологості, розрахований згідно з ДСТУ ISO 11465-2001 [16]; 10^n – коефіцієнт розведення; V – об'єм суспензії, що взяли для посіву, $см^3$.

Ізоляти мікроскопічних грибів відповідно до роду та виду було ідентифіковано на біологічному мікроскопі ДН-200Д. Ідентифікацію фітопатогенних грибів проводили за допомогою визначників [17–21]. Латинські назви грибів узгоджуються з Fungal Databases Nomenclature and Species Banks (URL-адреса: https://www.mycobank.org).

Показник частоти трапляння (ЧТ) деяких видів грибів на насінні різних культур розраховували за формулою, відповідною [22]:

$$A = \frac{B \times 100\%}{C}, \qquad (3)$$

де А – частота трапляння видів; В – кількість зразків, у яких виявлено цей вид; С – загальна кількість виділених видів.

Було проведено однофакторний дисперсійний аналіз ANOVA. Різниця між контрольними і експериментальними показниками вважалася значною, якщо ймовірність різниці становила $P<0,05$.

Результати досліджень та їх обговорення

Встановлено, що чисельність мікроміцетів ризосферного ґрунту різних сортів ячменю ярого істотно різнилася залежно від дії різних біологічних препаратів (рис. 1).

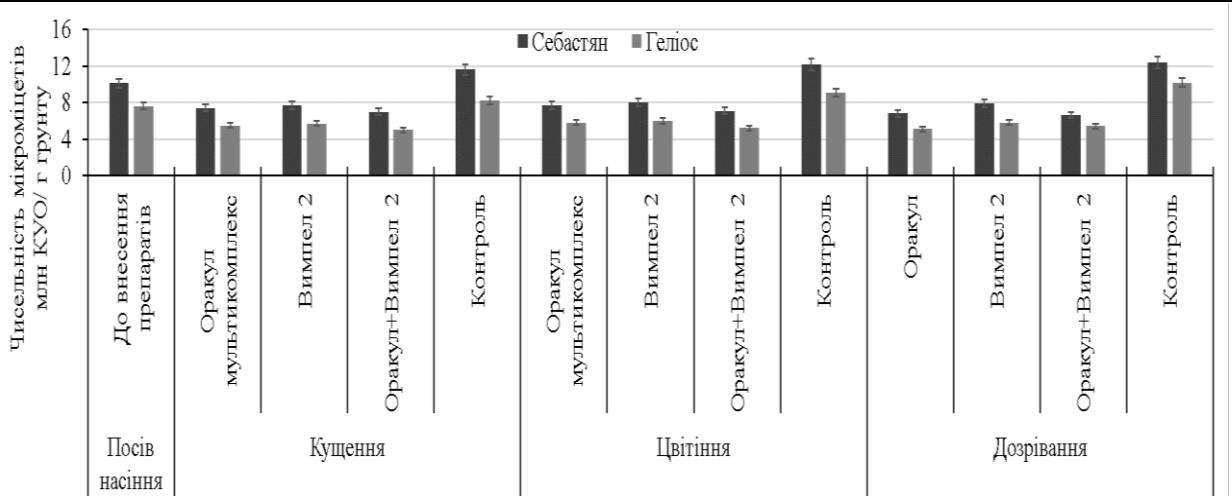


Рис. 1. Чисельність мікроміцетів ризосферного ґрунту в агроценозах ячменю ярого під час дії різних біологічних препаратів

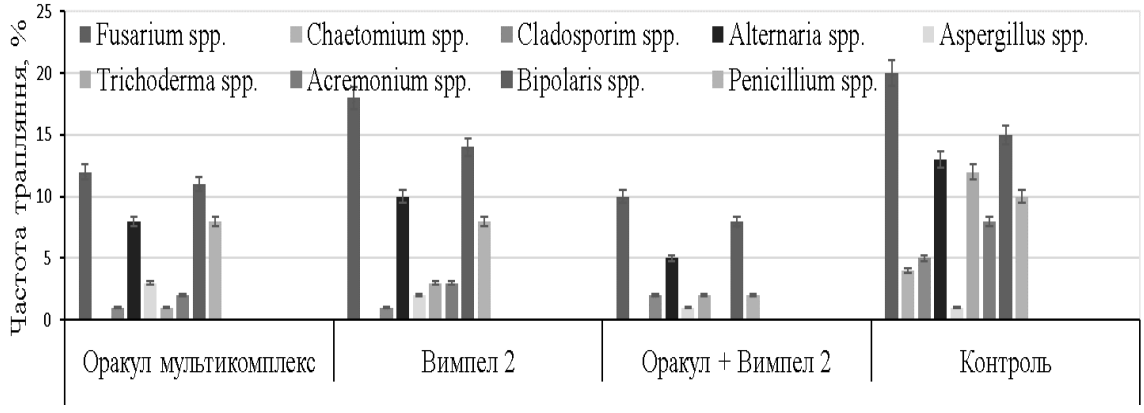
До внесення препаратів чисельність мікроміцетів у ризосферному ґрунті сорту Себастьян становила 10,1 млн КУО/г ґрунту, а в ризосферному ґрунті сорту Геліос була істотно нижчою і сягала 7,6 млн КУО г/ґрунту. Після внесення препаратів у фазі кущення чисельність мікроміцетів істотно знижується як у ризосферному ґрунті сорту Себастьян, так і під посівом сорту Геліос порівняно з контролем.

У фазі кущення найкращим був варіант із препаратом Оракул мультикомплекс + Вимпел 2, де чисельність мікроміцетів ризосферного ґрунту ячменю ярого була найнижчою під посівом обох сортів і становила від 5,0 до 7,0 млн КУО г/ґрунту. Водночас на контрольному варіанті чисельність мікроміцетів була в 1,5–2 рази вищою.

У фазі цвітіння найкращими були варіант із сумішшю двох препаратів Оракул мультикомплекс + Вимпел 2 та Оракул мультикомплекс, що істотно знижували чисельність мікоміцетів ризосферного ґрунту під посівом сорту Геліос, яка становила в середньому 5,5 млн КУО/г ґрунту, також під час дії препарату Вимпел 2 чисельність мікроміцетів знижувалася дещо менше, де їх кількість становила 6–8 млн КУО/г ґрунту.

У фазі дозрівання під час дії препаратів на усіх досліджуваних варіантах спостерігали зниження чисельності мікроміцетів ризосферного ґрунту ячменю ярого у 1,5–2 рази. Це свідчить, що препарат Вимпел 2, Оракул мультикомплекс як окремо, так разом у суміші здатні істотно впливати на чисельність фітопатогенних мікроміцетів ризосферного ґрунту різних сортів ячменю ярого.

Визначено частоту трапляння родів мікроміцетів у ризосферному ґрунті різних сортів ячменю ярого під час дії біологічних препаратів у фазі кущення (рис. 2).



а

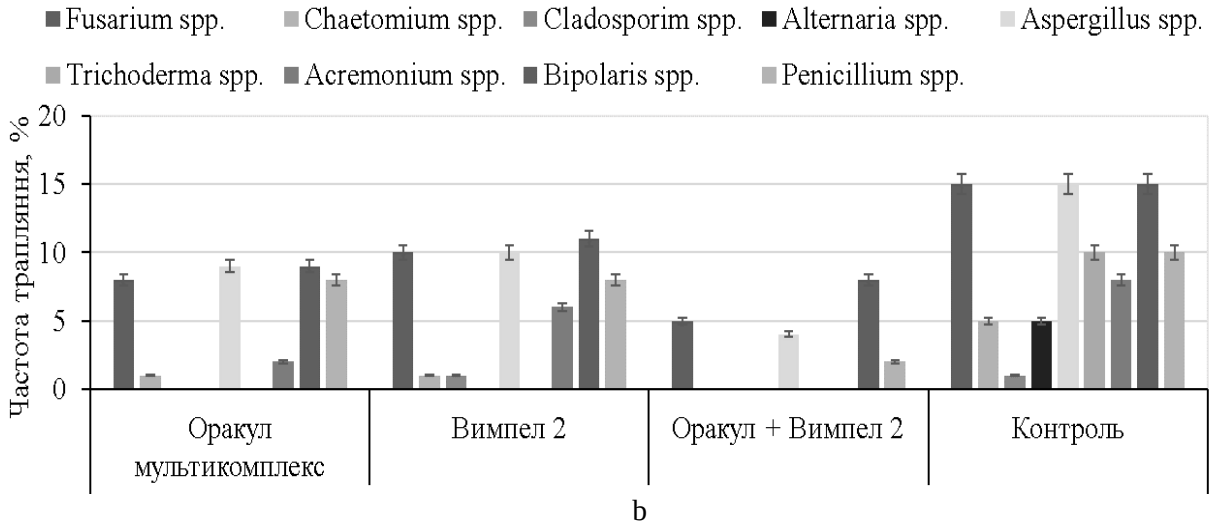


Рис. 2. Частота трапляння мікроміцетів під час дії різних біологічних препаратів у ризосферному ґрунту різних сортів ячменю ярого:
a – сорт Себастьян, b – сорт Геліос (фаза кущення)

Згідно з даними, представленими на рис. 2, показано, що у фазі кущення на контрольному варіанті паразитувало 9 родів мікроміцетів, а саме *Fusarium spp., Chaetomium spp., Cladosporim spp., Alternaria spp., Aspergillus spp., Trichoderma spp., Acremonium spp., Bipolaris spp.* та *Penicillium spp.,* де їх частота трапляння була в межах від 1 до 20 % на сорті Себастьян і від 5 до 15 % на сорті Геліос.

На варіанті, де використовували суміш препаратів Оракул + Вимпел 2, паразитувало 7 видів мікроміцетів у ризосферному ґрунті під посівом сорту Себастьян і 4 види під посівом сорту Геліос. У разі використання цієї суміші спостерігали найменшу частоту трапляння видів, яка сягала 3–10 %.

Варіант із використанням препаратів Оракул мультикомплекс та Вимпел 2 характеризувався меншою кількістю видів мікроміцетів порівняно з контролем. Їх кількість різнилася залежно від сорту, де у ризосферному ґрунті під посівом сорту Себастьян спостерігали 8 родів мікроміцетів із частотою трапляння від 1 до 18 %. Водночас у ризосферному ґрунті сорту Геліос їх кількість була дещо нижчою і становила 6 родів мікроміцетів з частотою трапляння 1–11 %. Це свідчить, що не лише препарат, а і сорт своїми фізіолого-біохімічними властивостями здатний впливати на кількісний склад мікроміцетів ризосферного ґрунту.

У фазі цвітіння під впливом цих препаратів кількісний склад мікроміцетів ризосферного ґрунту не змінювався, але їх частота трапляння істотно зростала. Як і у фазі кущення найкращим виявився варіант із використанням суміші двох препаратів Оракул мультикомплекс + Вимпел 2, що характеризувався найменшою кількістю видів, яка становила у ризосферному ґрунті під посівом сорту Себастьян 11 видів, а під посівом сорту Геліос – 7 видів із частотою трапляння 2–12 %.

У фазі цвітіння кількість мікроміцетів ризосферного ґрунту на варіантах з використанням препаратів Оракул мультикомплекс та Вимпел 2 істотно різнилися залежно від сорту ячменю ярого. Ризосферний ґрунт під посівом сорту Себастьян містив 8 родів мікроміцетів із частотою трапляння 1–16 %, а ризосферний ґрунт під посівом сорту Геліос – 4 роди мікроміцетів із частотою трапляння 1–15 %, тоді як на контрольному варіант їх було 9 родів мікроміцетів із частотою трапляння до 26 % (рис. 3).

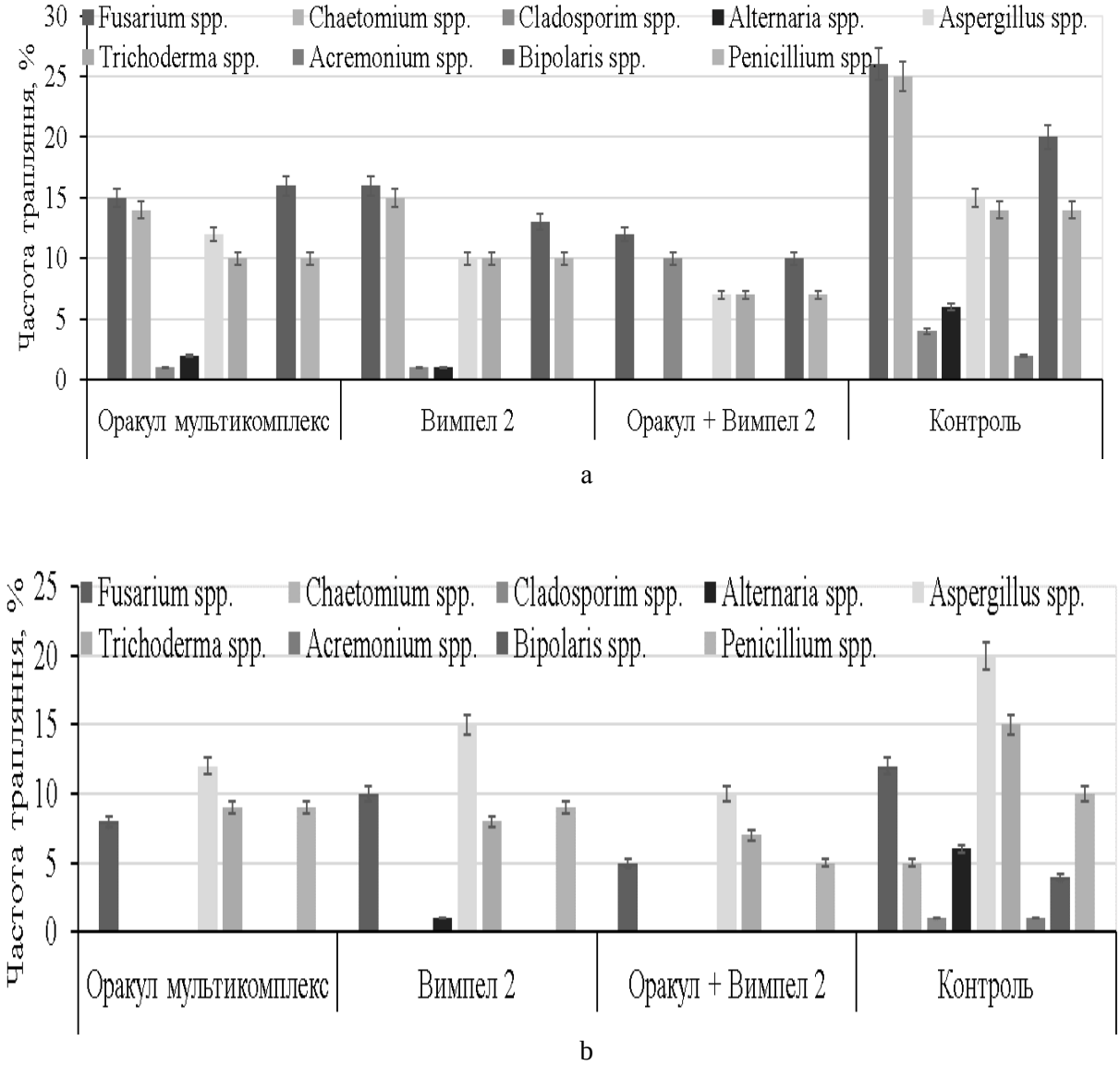


Рис. 3. Частота трапляння мікроміцетів під час дії різних біологічних препаратів у ризосферному ґрунту різних сортів ячменю ярого:
a – сорт Себастьян, b – сорт Геліос (фаза цвітіння)

Отже, ці препарати здатні впливати на чисельність мікроміцетів у ризосферному ґрунті як у фазі кущення, так і у фазі цвітіння.

У фазі дозрівання чисельність мікроміцетів ризосферного ґрунту зростає та частота трапляння цих видів істотно підвищується як у контрольному варіанті, так і на фоні різних препаратів (рис. 4).

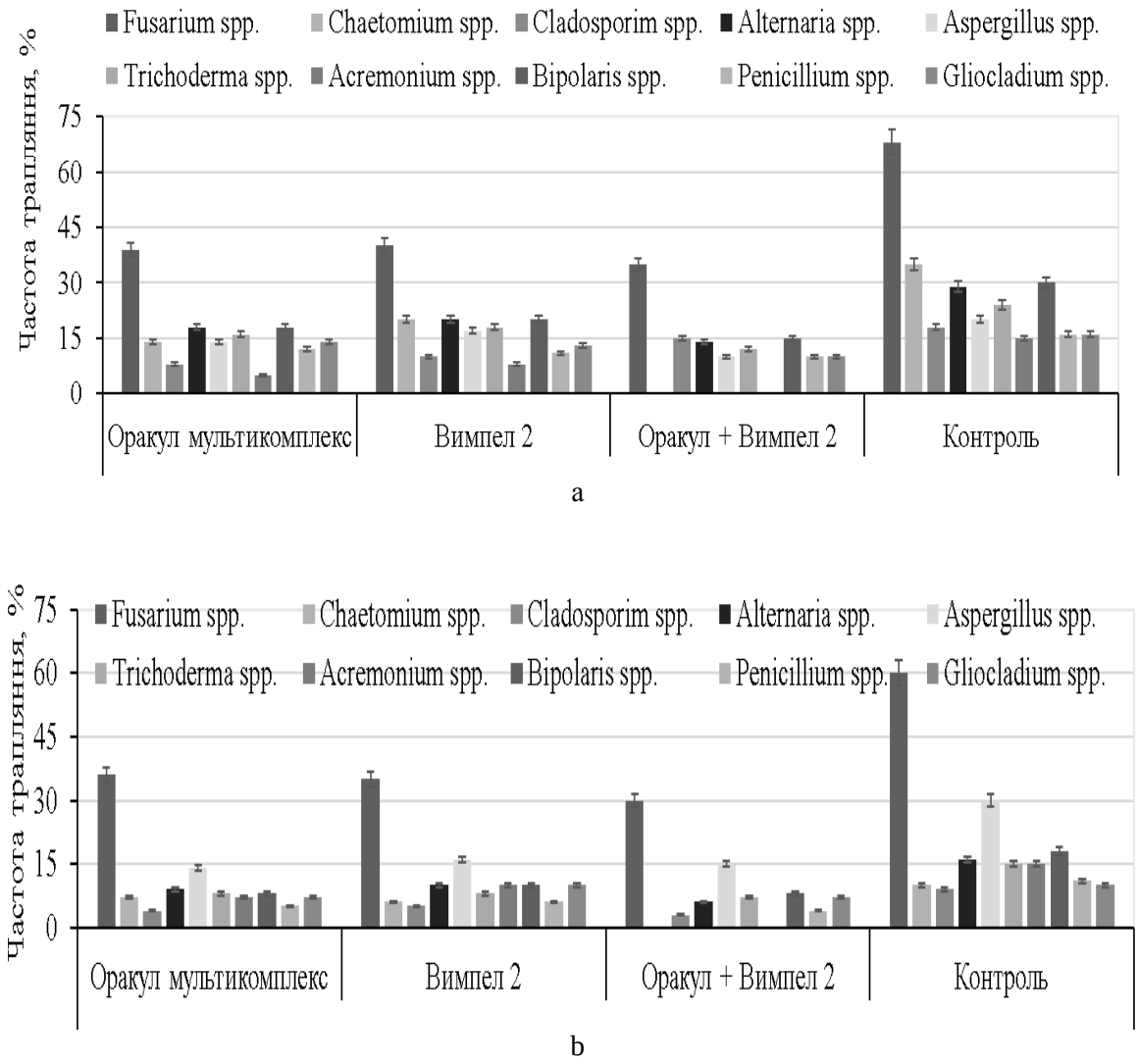


Рис. 4. Частота трапляння мікроміцетів під час дії різних біологічних препаратів у ризосферному ґрунту різних сортів ячменю ярого:
a – сорт Себастьян, b – сорт Геліос (фаза дозрівання)

У фазі дозрівання на контрольному варіанті паразитувало 10 родів мікроміцетів у ризосферному ґрунті ячменю ярого, які характеризувалися високою частотою трапляння (10–70 %). Водночас під час дії суміші препаратів Оракул мультикомплекс + Вимпел 2 спостерігали 8 родів мікроміцетів ризосферного ґрунту з істотно нижчою частотою трапляння, що сягала 4–35 %. У варіантах із препаратами Оракул мультикомплекс та Вимпел 2 кількість видів була така ж, як і на контрольному варіанті, а частота трапляння майже вдвічі менша. Це свідчить, що препарат Вимпел 2, Оракул мультикомплекс, як окремо, так і у суміші здатні істотно впливати на чисельність мікроміцетів ризосферного ґрунту різних сортів ячменю ярого. Варто зазначити, що сорт ячменю ярого Геліос під впливом біологічних препаратів своїми фізіолого-біохімічними речовинами здатний істотно знижувати чисельність мікроміцетів у ризосферному ґрунті.

Отже, ці перепари істотно впливають на чисельність мікроміцетів у ризосферному ґрунті ячменю ярого. Використання цих препаратів у посівах сприяє зниженню накопичення інфекційних структур в агроценозах та слугуватиме отриманню екологічно чистої високоякісної органічної продукції.

Останніми роками в Україні значна увага приділяється вивченню застосування біопрепаратів різного спектра дії. Передпосівна інокуляція насіння та обприскування по листковій поверхні ячменю ярого біологічними препаратами є дієвим, екологічно безпечним засобом покращання умов мінерального живлення, росту й розвитку рослин, фітосанітарного стану посівів та підвищення продуктивності культур [23, 24].

Дослідження таких вчених, як: Л. А. Ященко [25], О. О. Вінюков [26], Т. О. Касаткіна [27], Л. О. Чайковська [28] спрямовані на обґрунтування використання біо- та рістрегулювальних препаратів як чинника підвищення врожайності та покращання біохімічної якості зерна в умовах різних регіонів України. Їхні дослідження свідчать, що одним зі шляхів вирішення проблеми екологічно безпечного ведення сільського господарства є застосування добрив природного походження, що дає змогу поліпшити живлення рослин, збільшити врожайність і покращити якість одержуваної продукції [29, 30].

Однак унаслідок збіднення складу ґрунтових біоценозів спостерігається зведення до мінімуму кількості окремих видів корисних мікроорганізмів. Їх місце займають патогенні мікроміцети. Багато агроценозів перетворилися на резерватори збудників хвороб [31]. Зважаючи на це, актуальним завданням сьогодення є вивчення впливу біологічних препаратів на чисельність мікроміцетів ризосферного ґрунту рослин ячменю ярого.

Вищезазначені результати дослідження показали, що препарати Вимпел 2, Оракул мультикомплекс як окремо, так і в суміші здатні істотно впливати на чисельність та частоту трапляння видів фітопатогенних мікроміцетів ризосферного ґрунту різних сортів ячменю ярого. Ці препарати мають інгібуючу дію до хвороб і здатні стимулювати природний імунітет рослини ячменю ярого. Це дасть можливість отримати нові знання про роль сортів ячменю ярого та технологій його вирощування у формуванні інфекційних структур фітопатогенних мікроміцетів.

Висновки

Під час дії суміші Оракул мультикомплекс + Вимпел 2 чисельність мікроміцетів ризосферного ґрунту ячменю ярого під посівом сортів ячменю ярого Себастьян і Геліос істотно знижується і сягає 5,0–7,0 млн КУО г/ґрунту.

Під час дії препарату Оракул мультикомплекс чисельність мікроміцетів ризосферного ґрунту під посівом сортів Геліос та Себастьян становить у середньому 5,5 млн КУО/г ґрунту. Водночас під час дії препарату Вимпел 2 чисельність мікроміцетів знижується дещо менше. Їх кількість під посівом обох сортів становить 6,0–8,0 млн КУО/г ґрунту. На контрольному варіанті чисельність мікроміцетів істотно зростає і сягає 12,0 млн КУО/г ґрунту.

Упродовж вегетаційного періоду на контрольному варіанті паразитує 9 родів мікроміцетів, а саме *Fusarium spp.*, *Chaetomium spp.*, *Cladosporim spp.*, *Alternaria spp.*, *Aspergillus spp.*, *Trichoderma spp.*, *Acremonium spp.*, *Bipolaris spp.* та *Penicillium spp.*, частота трапляння яких коливається від 1 до 70 % на сорті Себастьян і від 5 до 60 % на сорті Геліос. Під час дії препаратів Оракул мультикомплекс, Вимпел 2 та їхньої суміші зменшується кількість видів мікроміцетів ризосферного ґрунту з істотно нижчою частотою трапляння (4–35 %). Це свідчить, що препарати Вимпел 2, Оракул мультикомплекс як окремо, так і в суміші здатні істотно впливати на чисельність фітопатогенних мікроміцетів ризосферного ґрунту різних сортів ячменю ярого.

Перспективи подальших досліджень полягають у екологічному обґрунтуванні регуляції фітопатогенного мікобіому в агроценозах ячменю ярого у екологічно безпечних технологіях, що дасть можливість підвищити рівень біобезпеки в агроекосистемах та покращити якість рослинної сировини.

References

1. Romaniuk, V. (2019). Photosynthetic productivity of summer barley in conditions of Forest-steppe Right-bank. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 97 (3), 76–81. doi: 10.31073/agrovisnyk201903-12

2. Parfenyuk, A. I., Sterlikova, O. M., & Beznosko, I. V. (2012). Methodological approaches to the evaluation of plant varieties for resistance to phytopathogenic fungi and the impact on the intensity of their propagules. *Ahroekolohichnyy Zhurnal*, 3, 90–93. [In Ukrainian].

3. Kasatkina, T. O. (2018). Prospects and features of growing spring barley in the south of Ukraine. *Naukovi Horyzonty*, 7–8, 131–138. [In Ukrainian].

4. Petrychenko, V. F., & Romaniuk, V. I. (2019). Influence of intensification factors on grain quality of spring barley in the conditions of the right-bank Forest-Steppe. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 105, 127–134. [In Ukrainian].

5. Beznosko, I., Gorgan, T., Gavrilyuk, L., Turovnik, Y., & Kosovska, N. (2021). The pathogenic mycobium in seeds of cultural plant varieties. *Agroecological Journal*, 1, 81–87. doi: 10.33730/2077-4893.1.2021.227242

6. Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383 (1-2), 3–41. doi: 10.1007/s11104-014-2131-8

7. Walters, D. R., Ratsep, J., & Havis, N. D. (2013). Controlling crop diseases using induced resistance: challenges for the future. *Journal of Experimental Botany*, 64 (5), 1263–1280. doi: 10.1093/jxb/ert026

8. Kozachenko, M. R. (2014). Varieties of spring barley for modern agricultural production. *Visnyk Tsentru Naukovoho Zabezpechennya APV Kharkivskoyi Oblasti*, 17, 97–103. [in Ukrainian].

9. Panfilova, A., & Mohylnytska, A. (2019). The impact of nutrition optimization on crop yield of winter wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) and modeling of regularities of its dependence on structure indicators. *Agriculture and Forestry*, 65 (3), 157–171 doi: 10.17707/agricultforest.65.3.13

10. Panfilova, A., Mohylnytska, A., Gamayunova, V., Fedorchuk, M., Drobitko, A., & Tyshchenko, S. (2020). Modeling the impact of weather and climatic conditions and nutrition variants on the yield of spring barley varieties (*Hordeum vulgare* L.). *Agronomy Research*, 18 (S2), 1388–1403.

11. Kyryk, M. M., Hentosh, D. T., & Hentosh, I. D. (2017). Varietal resistance of spring barley against root rot. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 4–6, 2–4. [In Ukrainian].

12. Hrupa kompaniy DOLYNA: Dosvid. Nadiynist′. Rezul′tat. Retrieved from: https://dolina.ua/ [In Ukrainian].

13. *DSTU ISO 7847:2015* Y*akist gruntu: Vyznachennya chyselnosti mikroorhanizmiv u hrunti metodom posivu na tverde (aharyzovane) zhyvylne seredovyshche*. *Chynnyi vid 2015-06-22*. (2001). Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [In Ukrainian].

14. *DSTU ISO 4287:2004*. *Yakist gruntu: Vidbyrannya prob*. *Chynnyi vid 2001-07-01*. (2004). Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

15. Zvyagintsev, D. G. (Ed). (1991). *Methods of soil microbiology and biochemistry*. Moskva: MSU [In Russian].

16. *DSTU ISO 11465: 2001*. *Yakist hruntu: Vyznachennya sukhoyi rechovyny ta volohosti za masoyu. Hravimetrychnyy metod*. *Chynnyi vid 2001-12-28.* (2001). Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [In Ukrainian].

17. Netrusov, A. I., Egorova, M. A., & Zakharchuk, L. M. (2005). *Praktikum po mikrobiologii*. Moskva [In Russian].

18. Guaro, J., Gene, J., Stchigel, M., Figueras, A., & Samson, A. (Ed.). (2012). *Atlas of soil Ascomycetes*. Reus Spain.

19. Tsuneo, W. (2010). *Pictorial atlas of soil and seed fungi: morphologies of cultured fungi and key to species:* third edition. Boca Raton.

20. Koval, E. Z., Rudenko, A. V., Voloshchuk, N. M., & Varbanets, L. D. (Ed.). (2016). *Penicillium: a guide to the identification of 132 species (reducers, destructors, pathogens, producers)*. Kyiv: National Research Research and Restoration Center of Ukraine [In Ukrainian].

21. Colin, K. C., Elizabeth, M. J., & David, W. W. (Ed.). (2013). *Identification of pathogenic fungi*. Wiley-Blackwell, USA.

22. Mirchik, T. G. (1988). *Mycology of the soil*. Moscow: Vidavnitstvo MDU [In Russian].

23. Prymak, I. D. Manko, Yu. P., & Ridey, N. M. (Ed). (2010). *Ekolohichni problemy zemlerobstva*. Kyiv [In Ukrainian].

24. Khramtsov, L. I., & Khramtsov, V. L. (2007). *Landshaftnoye rasteniyevodstvo*. Dnepropetrovsk: Porogi [In Ukrainian].

25. Yashchenko, L. A. (2015). Productivity of spring barley using the drug polymyxobacterin]. *Molodyi vchenyi*, 7 (22), 30–32. [In Ukrainian].

26. Viniukov, O. O., Korobova, O. M., Bondareva, O. B., & Konovalenko, L. I. (2017). The use of bio- and ristregulatory drugs to improve the productivity and quality of spring barley grain]. *Zbalansovane Pryrodokorystuvannia*, 3, 46–50. [In Ukrainian].

27. Gamayunova, V. V., Baklanova, T. V., Kuvshinova, A. A., & Kasatkina, T. O. (2020). The value of biological products in the effective use of moisture by barley plants in the Southern Steppe of Ukraine. *Global Science and education in the modern realities* (pp. 171–174). USA.

28. Chaikovska, L. O. (2011). The effectiveness of the combined use of biological products based on phosphate-mobilizing bacteria and mineral fertilizers in the cultivation of cereals in southern Ukraine. *Silskohospodarska mikrobiolohiia*, 13, 52–58. [In Ukrainian].

29. Mamiedova, E. I. (2018). Ahrobiolohichni osoblyvosti vyroshchuvannia yachmeniu yaroho v Pivnichnomu Stepu Ukrainy. *Extended abstract of candidate's thesis*. Dnipro [In Ukrainian].

30. Mamiedova, E.I. & Hyrka A.D. (2017). Biopreparaty yak elementy bioadaptyvnoi tekhnolohii vyroshchuvannia yachmeniu yaroho v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrainy. *Problemy ta shliakhy intensyfikatsii vyrobnytstva produktsii tvarynnytstva: tezy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii.* (pp. 282–283). Dnipro [In Ukrainian].

31. Sanz, C., Casado, M., Navarro-Martin, L., Cañameras, N., Carazo, N., Matamoros, V., Bayona, J. M., & Piña, B. (2022). Implications of the use of organic fertilizers for antibiotic resistance gene distribution in agricultural soils and fresh food products. A plot-scale study. *The Science of the Total Environment*, 815, 151973. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.151973

Стаття надійшла до редакції: 16.03.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Мосійчук І. І., Безноско І. В., Горган Т. М., Гаврилюк Л. В., Мінералова В. О. Вплив біологічних препаратів на чисельність мікроміцетів ризосферного ґрунту рослин ячменю ярого. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 39–49.

© Мосійчук Ірина Іванівна, Безноско Ірина Володимирівна, Горган Тетяна Михайлівна, Гаврилюк Лілія В'ячеславівна, Мінералова Валентина Олегівна, 2022

Agriculture. Plant growing
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 633.854.78:631.452 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.05**

EFFECT OF FERTILIZER ON SUNFLOWER PRODUCTIVITY AND SEED QUALITY

V. Hanhur[1]* ORCID 0000-0002-5619-492X
O. Kosminskyi[1]
O. Len[2] ORCID 0000-0003-1498-8315
V. Totskyi[2]

[1] Poltava State Agrarian University, Skovoroda St., 1/3, Poltava, 36000, Ukraine
[2] Poltava State Agricultural Experimental Station named after M.I. Vavilov of Institute of Pig Breeding and agroindustrial production of NAAS, Shvedska St., 86, 36014, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: volodimirgangur@gmail.com

How to Cite: *Hanhur, V., Kosminskyi, O., Len, O., & Totskyi, V. (2022). Influence of fertilizer on sunflower productivity and seed quality. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 50–56. doi: 10.31210/visnyk2022.02.05*

Traditionally, the most common oil crop in Ukraine is sunflower (Helianthus annuus L.). Sunflower belongs to the group of agricultural crops that require a background of mineral nutrition. The purpose of the research was to find out the effect of mineral fertilizers and foliar top dressing with a biopreparation on yield and quality indicators of sunflower seeds. Based on the results of the research, it was established that on average for 2017–2019, the maximum seed yield of 3.02 t/ha was formed by the medium-ripe hybrid Kamenyar against the background of N32P32K32 application + foliar feeding of plants with biological preparations Organic Balance 0.5 l/ha + Liposam 0.5 l/ha). At a similar level of fertilization, the Polit 2 and Pochatok hybrids formed a lower seed yield, respectively by 0.06–0.28 t/ha or 2.4–10.0 %, compared to the Kamenyar hybrid. It was found that the Polyt 2, Pochatok and Kamenyar hybrids were the most productive when applied with mineral fertilizers in the dose of N32P32K32 plus foliar feeding of plants with biological preparations Organic Balance 0.5 l/ha + Liposam 0.5 l/ha. The level of seed yield was, respectively, 2.81; 2.94; 3.02 t/ha, which is 0.44; 0.45; 0.47 t/ha more than the control. On the same fertilizer option, the oil content in the seeds of sunflower hybrids was the maximum (in the hybrid Polit 2 – 55.7 %, Pochatok – 53.6 %, Kamenyar – 54.5 %) and the weight of 1000 seeds (in the hybrid Polit 2 – 49.8 g, Beginning – 47.7 g, Kamenyar – 39.8 g). It was investigated that the introduction of mineral fertilizers in the dose of N32P32K32 also contributed to an increase in seed yield compared to plots without fertilizers, respectively by 12.2; 13.3; 8.6 %. But at the same time, the productivity of hybrids was inferior to the best version of fertilizer by 4.1–8.3 %. Only the feeding of plants with biological preparations Organic Balance 0.5 l/ha + Liposam 0.5 l/ha was effective. The yield increase, compared to the control, was equal to 0.16–0.26 t/ha.

***Key words**: sunflower, hybrids, mineral fertilizers, biopreparations, productivity, weight of 1000 seeds, oil content.*

ВПЛИВ УДОБРЕННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКУ ТА ЯКІСТЬ НАСІННЯ

В. В. Гангур[1]***, О. О. Космінський***[1]***, О. І. Лень***[2]***, В. М. Тоцький***[2]
[1] Полтавський державний аграрний університет, Полтава, Україна
[2] Полтавська державна сільськогосподарська дослідна станція імені М. І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН, Полтава, Україна

Традиційно найбільш поширеною олійною культурою в Україні є соняшник (Helianthus annuus L.). Соняшник відноситься до групи вимогливих до фону мінерального живлення сільськогосподарських

культур. Метою досліджень було з'ясувати вплив мінеральних добрив та позакореневого підживлення біопрепаратом на урожайність, якісні показники насіння соняшнику. На підставі результатів досліджень встановлено, що в середньому за 2017–2019 рр., максимальну врожайність насіння 3,02 т/га було сформовано за допомогою середньостиглого гібрида Каменяр на фоні внесення $N_{32}P_{32}K_{32}$ + позакореневе підживлення рослин біопрепаратами Органік-баланс 0,5 л/га + Липосам 0,5 л/га). Гібриди Політ 2 і Початок за умови аналогічного рівня удобрення формували нижчу урожайність насіння, відповідно на 0,06–0,28 т/га або 2,4–10,0 %, порівняно з гібридом Каменяр. Виявлено, що гібриди Політ 2, Початок і Каменяр найбільш продуктивними були за умови внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{32}P_{32}K_{32}$ плюс позакореневе підживлення рослин біопрепаратами Органік-баланс 0,5 л/га + Липосам 0,5 л/га. Рівень урожайності насіння становив, відповідно 2,81; 2,94; 3,02 т/га, що на 0,44; 0,45; 0,47 т/га більше за контроль. На цьому ж варіанті удобрення максимальною був вміст олії в насінні гібридів соняшнику (у гібриду Політ 2 – 55,7 %, Початок – 53,6 %, Каменяр – 54,5 %) та маса 1000 насінин (у гібрида Політ 2 – 49,8 г, Початок – 47,7 г, Каменяр – 39,8 г). Досліджено, що внесення мінеральних добрив у дозі $N_{32}P_{32}K_{32}$ також сприяло збільшенню врожайності насіння відносно ділянок без добрив, відповідно на 12,2; 13,3; 8,6 %, але при цьому продуктивність гібридів поступалася кращому варіанту удобрення на 4,1–8,3 %. Ефективним виявилося і лише підживлення рослин біопрепаратами Органік-баланс 0,5 л/га + Липосам 0,5 л/га. Приріст урожайності порівняно з контролем дорівнював 0,16–0,26 т/га.

Ключові слова: *соняшник, гібриди, мінеральні добрива, біопрепарати, урожайність, маса 1000 насінин, олійність.*

Вступ

Провідною олійною культурою як в Україні, так і у світі є соняшник (*Helianthus annuus* L.). Упродовж останніх років Україна посіла провідні позиції на світовому ринку соняшникового насіння, олії та продуктів переробки, ставши постійним і стабільним їх експортером. Варто зазначити, що останні два десятиріччя посівна площа під цією культурою зросла понад ніж утричі, а 2021 року досягла рекордних 6,5 млн га. Характерною особливістю цього періоду є не лише розширення площі під соняшником, але й покращення ресурсного наповнення технологій, що забезпечило збільшення середньої врожайності в Україні за період із 2010 по 2021 рр., на 0,85 т/га або 55,9 %.

В умовах зміни клімату, зокрема посилення його посушливості, вирощування соняшнику набуває ще більших перспектив. Ця культура, завдяки потужній, глибоко проникаючій кореневій системі і за посушливих умов періоду вегетації, забезпечує себе вологою та елементами мінерального живлення в обсягах достатніх для формування помірної врожайності насіння.

Соняшник належить до сільськогосподарських культур, вирощування яких потребує інтенсивного мінерального живлення [9, 3, 15]. Найвищі врожаї формує за умови культивування його на родючих чорноземних ґрунтах та розміщення після кращих попередників у сівозміні [1, 2, 5].

Дослідження свідчать, що компоненти мінеральних добрив, такі як N, P та K, є важливими поживними речовинами для росту рослин та формування врожайності. Збалансована доза добрив за кожним із вищезазначених елементів відіграє важливу роль у забезпеченні необхідною кількістю поживних речовин для досягнення максимальної продуктивності соняшнику [11, 13, 18]. Кількість азоту та калію мають значний вплив на висоту рослин, урожайність та вміст олії в насінні [14].

Експериментальні дані, одержані в умовах Індії, де вирощують соняшник на малородючих ґрунтах з низьким вмістом органічної речовини за умов богарного землеробства, підкреслюють важливість мінеральних і органічних добрив у системі живлення рослин соняшнику та необхідність підвищення обсягів їх унесення для збільшення врожайності насіння, стабілізації продуктивності культури за роками [12]. В умовах провінції Пенджаб (Пакистан) максимальну врожайність насіння соняшнику одержано на фоні внесення 120-90-60 кг/га NPK [16]. Інші дослідження в цьому напрямі свідчать, що оптимальна для регіону вирощування врожайність насіння формується за умови внесення під культуру мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{60}K_{60}$ [20].

Низка науковців акцентують увагу на домінуючій ролі азоту в системі удобрення соняшнику порівняно з калієм і фосфором, який найбільш активно включається у процес обміну речовин, інтенсифікує ріст рослин та сприяє збільшенню врожайності. У дослідженнях E. B. A. Osman зі співавторами [17], найвищий урожай насіння та збір олії одержано у разі внесення азотних добрив у кількості 60 кг/га, а за даними S. A. Sadiq [19], вищі показники біомаси, продукції сухої речовини та біологічної врожайності соняшнику були за умови внесення азоту в нормі 100 кг/га.

Вищезазначений огляд наукових публікацій вітчизняних та іноземних авторів свідчить, що для збільшення врожайності та поліпшення якості насіння соняшнику, окрім інших елементів технології, потрібно підбирати кращі, найбільш адаптовані до ґрунтових і кліматичних умов вирощування гібриди та створювати оптимальний фон мінерального живлення.

Мета досліджень – з'ясувати вплив мінеральних добрив та позакореневого підживлення біопрепаратом на урожайність, якісні показники насіння соняшнику.

Завдання дослідження: дослідити вплив мінеральних добрив та позакореневого підживлення на рівень урожайності соняшнику; вивчити вплив різних рівнів удобрення на масу 1000 насінин та олійність соняшнику.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження із вивчення ефективності різних рівнів удобрення за умови вирощування соняшнику проводили впродовж 2017–2019 рр., на дослідному полі Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції імені М. І. Вавилова, основним типом ґрунту якого є чорнозем типовий малогумусний важкосуглинковий. Основні агрохімічні показники ґрунту земельної ділянки, де проводили польові дослідження, такі: вміст ґумусу в шарі ґрунту 0–20 см – 4,1 %; азоту, що легко гідролізується, – 7,1 мг/100 г ґрунту (за Тюріним та Кононовою); рухомого фосфору – 12,8 мг/100 г ґрунту (за Чириковим); обмінного калію – 17,3 мг/100 г ґрунту (за Масловою), реакція ґрунтового розчину слабокисла (pH сольової витяжки – 6,2). Схема досліду включала контроль (без добрив) та три варіанти із використанням добрив (табл. 1). Як доповнення до основної норми добрив вивчали ефективність позакореневого підживлення біопрепаратом Органік-баланс, до складу якого входять живі азотфіксуючі та фосфор- і каліймобілізуючі бактерії, а також макро-, мікроелементи сумісно із прилипачем біологічного походження Липосам. Позакореневе підживлення посівів соняшнику проводили у фазу 4–5 пар листків. Повторність експериментальних варіантів триразова. Розміщення варіантів і повторень – рендомізоване. Посівна площа елементарної ділянки – 112 м^2, облікової – 56 м^2. Густота стояння рослин до часу збирання скоростиглого гібрида Політ 2 та середньостиглих гібридів Початок і Каменяр (оригінатор – Інститут олійних культур НААН) – 55 тис. шт./га. У сівозміні соняшник розміщували після пшениці озимої, попередником якої була соя. У досліді використовували загальноприйняту на виробництві регіону технологію вирощування соняшнику, за виключенням елементів, які були предметом вивчення. Збирання врожаю проводили суцільно з облікової площі ділянки. Урожайність насіння приведено за умови стандартної вологості (8 %) і 100 % чистоти. Вміст олії в насінні соняшнику визначали методом знежиреного залишку за допомогою апарату Сокслета [4].

Результати досліджень та їх обговорення

Проведені обліки врожаю соняшнику та їх обрахунки показали, що серед гібридів, які вивчали у досліді, найвищу урожайність насіння було сформовано гібридом Каменяр (табл. 1). Залежно від рівня удобрення вона становила 2,77 т/га ($N_{32}P_{32}K_{32}$) – 3,02 т/га ($N_{32}P_{32}K_{32}$ + позакореневе підживлення рослин біопрепаратами Органік-баланс 0,5 л/га + Липосам 0,5 л/га), і була вищою порівняно з контролем на 0,22–0,47 т/га або 8,6–18,4 %. Гібриди Політ 2 і Початок поступалися за урожайністю насіння гібриду Каменяр, відповідно на 0,06–0,28 т/га або 2,4–10,0 %.

У середньому за роки досліджень найбільш продуктивними гібриди Політ 2, Початок і Каменяр були на варіанті із сумісним внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{32}P_{32}K_{32}$ та проведенням позакореневого підживлення рослин біопрепаратами Органік-баланс 0,5 л/га + Липосам 0,5 л/га. Урожайність насіння становила, відповідно 2,81; 2,94; 3,02 т/га, що на 0,44; 0,45; 0,47 т/га або 18,6; 18,1; 18,4 % більше за варіант без добрив (контроль).

Застосування лише мінеральних добрив ($N_{32}P_{32}K_{32}$) сприяло збільшенню врожайності насіння відносно ділянок без добрив у гібрида Політ 2 на 0,29; Початок – 0,33 і Каменяр – 0,22 т/га або відповідно на 12,2; 13,3; 8,6 %. Ефективним також виявилося проведення позакореневого підживлення рослин біопрепаратами Органік-баланс 0,5 л/га + Ліпосам 0,5 л/га, що дало змогу підвищити продуктивність гібридів соняшнику порівняно з контролем на 0,16–0,26 т/га.

1. Урожайність соняшнику залежно від рівня удобрення, т/га (середнє за 2017–2019 рр.)

Системи удобрення	Гібриди		
	Політ 2	Початок	Каменяр
Без добрив (контроль)	2,37	2,49	2,55
$N_{32}P_{32}K_{32}$	2,66	2,82	2,77
$N_{32}P_{32}K_{32}$ + позакореневе підживлення (Органік-баланс 0,5 л/га + Липосам 0,5 л/га)	2,81	2,94	3,02
Позакореневе підживлення (Органік-баланс 0,5 л/га + Липосам 0,5 л/га)	2,53	2,74	2,81
НІР $_{0,95}$	0,18	0,21	0,19

У досліді виявлено позитивний вплив різних рівнів удобрення на уміст олії в насінні соняшнику (рис. 1).

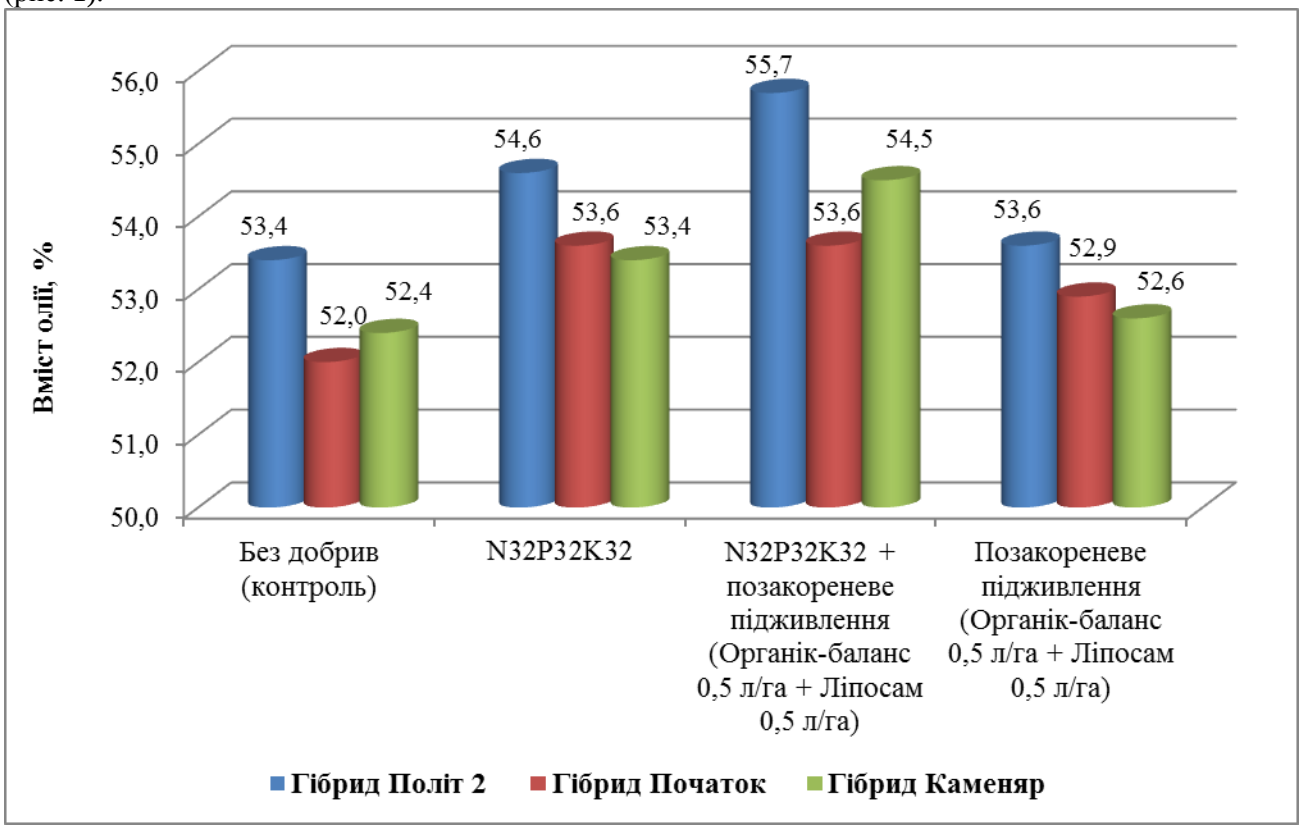


Рис. 1. Вміст олії в насінні соняшнику залежно від удобрення, % (середнє за 2017–2019 рр.)

Варто зазначити, що величина цього показника залежала не лише від системи удобрення, але й від біологічних особливостей гібрида, тобто генетично сформованого їх потенціалу. Так, у середньому за варіантами досліду найвищий вміст олії в насінні соняшнику формувався у скоростиглого гібриду Політ 2 і становив 54,4 %. У середньостиглих гібридів Початок і Каменяр вміст олії був практично однаковим і дорівнював, відповідно 53,0 і 53,2 %. Що стосується впливу варіантів удобрення то відзначено, що максимальна олійність насіння гібридів соняшнику (у гібрида Політ 2 – 55,7 %, Початок – 53,6 %, Каменяр – 54,5 %) формувалася за умови внесення мінеральних добрив $N_{32}P_{32}K_{32}$ та позакореневого підживлення стимулюючим біопрепаратом Органік-баланс 0,5 л/га + Липосам 0,5 л/га. Порівняно з контролем збільшення вмісту олії становило 1,6–2,3 % (абсолютних).

Проведені дослідження показали, що внесення добрив сприяло збільшенню маси 1000 насінин порівняно з контролем (рис. 2).

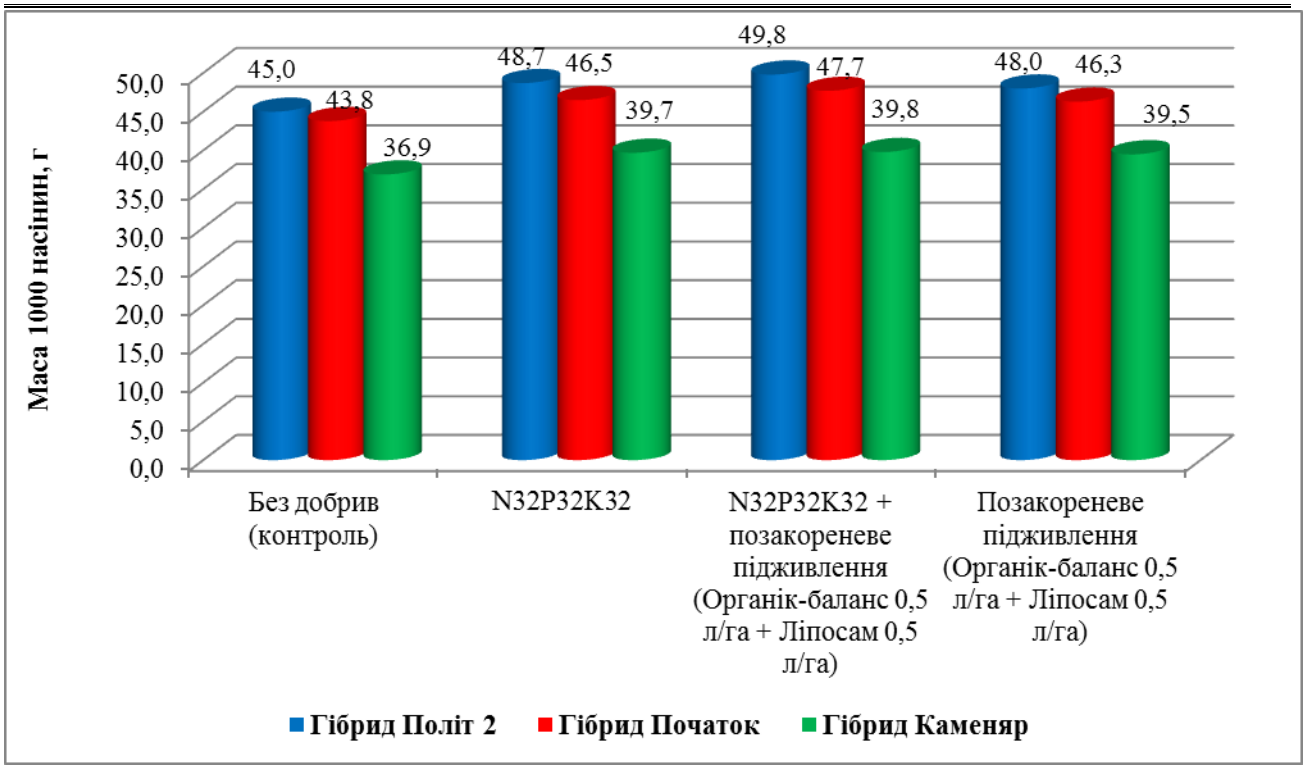


Рис. 2. Маса 1000 насінин гібридів соняшнику залежно від системи удобрення, г (середнє за 2017–2018 рр.)

Найбільшу масу 1000 насінин у середньому за 2017–2018 рр., гібриди Політ 2, Початок і Каменяр формували на фоні внесення мінеральних добрив у дозі $N_{32}P_{32}K_{32}$ + позакореневого підживлення рослин біопрепаратами Органік-баланс 0,5 л/га + Липосам 0,5 л/га, відповідно: 49,8; 47,7 і 39,8 г. У досліді за умови внесення лише $N_{32}P_{32}K_{32}$ або проведення позакореневого підживлення відзначено тенденцію до зменшення маси 1000 насінин порівняно з кращим варіантом у гібрида Політ 2 (відповідно 2,2 і 3,6 %) та Початок (відповідно 2,5 і 2,9 %). У гібрида Каменяр як за умови внесення мінеральних добрив, позакореневого підживлення біопрепаратом, так і поєднання цих агротехнічних заходів, маса 1000 насінин була практично однаковою, різниця між варіантами становила менше одного відсотка.

Отже, результати досліджень свідчать про істотне збільшення продуктивності соняшнику за умови вирощування на фоні різних систем удобрення. Так, у середньому за гібридами, максимальний приріст урожайності насіння соняшнику (0,45 т/га або 18,4 %), порівняно з контролем одержано на варіанті удобрення, який передбачав унесення $N_{32}P_{32}K_{32}$ під основний обробіток грунту та позакореневе підживлення у фазу 4–5 пар справжніх листків композицією препаратів Органік-баланс 0,5 л/га + Липосам 0,5 л/га. Що стосується гібридів соняшнику Політ 2, Початок, Каменяр, то в середньому за варіантами удобрення величина додаткового урожаю насіння культури щодо контролю була практично на одному рівні і становила 0,30–0,34 т/га або 12,4–13,8 %.

У дослідженнях, які проведено в різних науково-дослідних установах підтверджено позитивний вплив на урожайність соняшнику внесення мінеральних добрив та поєднання їх з стимуляторами, мікродобривами. Так, за даними О. В. Сахарчук, Л. А. Гарбар [8] найвищу врожайність соняшнику гібрида Голден отримано за внесенням під культуру мінеральних добрив у дозі $N_{80}P_{80}K_{120}$ та проведенні двох підживлень комплексним добривом Ярило Олійний. В умовах Степу України встановлено, що найбільшу врожайність соняшнику гібрида Ратник – 3,46 т/га отримано за умови внесення добрив під передпосівну культивацію у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ та проведенні позакореневого підживлення у фазу 6–8 пар справжніх листків баковою сумішкою препаратів Рост-концентрат + Хелатин олійні [6, 7]. У попередніх дослідженнях Полтавської ДСГДС імені М. І. Вавилова також відзначено, що максимальною продуктивністю гібридів Агрономічний, Агент, Серпанок (відповідно 3,35, 3,41, 3,15 т/га) характеризувався варіант досліду із фоном мінеральних добрив у дозі $N_{32}P_{32}K_{32}$ та позакореневого підживлення рослин у фазу 5–6 пар листків мікродобривом Новалон Фоліар 1 кг/га [10].

Що стосується олійності насіння соняшнику, то дослідження свідчать про позитивний вплив добрив на цей показник, хоча він був менш вираженим порівняно із дією добрив на рівень продуктивності культури. Так, за умови внесення мінеральних добрив у дозі $N_{32}P_{32}K_{32}$, вміст олії в насінні зріс, порівняно з контролем на 1,17 відсотка абсолютного, а за умови проведення на цьому фоні ще й позакореневого підживлення баковою сумішшю біопрепаратів олійність збільшилася на 1,9 відсотка абсолютного. Такі результати досліджень одержано В. М. Тоцьким зі співавторами, які свідчать, що підживлення рослин карбамідом або мікродобривом Новалон Фоліар забезпечило підвищення вмісту олії в насінні соняшника на 0,9–1,6 % [10].

Висновки

За результатами досліджень виявлено, що в умовах Лівобережного Лісостепу України поліпшення поживного режим ґрунту шляхом внесення мінеральних добрив та проведення позакореневого підживлення біопрепаратом забезпечило збільшення врожайності насіння гібридів соняшнику та підвищення в ньому вмісту олії. Найвищу врожайність гібридів соняшнику (Політ 2 – 2,81; Початок – 2,94; Каменяр – 3,02 т/га) та олійність насіння (відповідно 55,7 %, 53,6 %, 54,5 %) отримали на варіанті, де під основний обробіток ґрунту вносили мінеральні добрива у дозі $N_{32}P_{32}K_{32}$ та у фазу 4–5 пар листків проводили позакореневе підживлення посівів біопрепаратами Органік-баланс 0,5 л/га + Липосам 0,5 л/га.

Перспективи подальшої роботи в цьому напрямі. Перспектива подальших досліджень полягає у вивченні впливу різних рівнів удобрення на водоспоживання та забур'яненість посівів соняшнику.

References

1. Hanhur, V. V. (2013). Soniashnyk – providna tovarna kultura livoberezhnoho Lisostepu. *Oliini kultury – spetsvypusk zhurnalu Propozytsiia*, 2, 8–10. [In Ukrainian].
2. Hanhur, V. V., Yeremko, L. S., & Kocherha, A. A. (2020). The effectiveness of bio-stimulators for pre-sowing treatment of sunflower seeds. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 36–42. doi: 10.31210/visnyk2020.02.04.
3. Hanhur, V. V. (2021). Influence of mineral fertilizers on the content of nutrients in the soil and the yield of sunflower hybrids of different maturity groups. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 116–121. doi: 10.31210/visnyk2021.01.13
4. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Kostohryz, P. V, & Opryshko, V. P. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: Pidruchnyk. Vinnytsia: PP «TD «Edelveis i K»» [In Ukrainian].
5. Kokhan, A. V., Hanhur, V. V., Koretskyi, O. Ye., Len, O. I., & Manko, L. M. (2015). Soniashnyk u sivozminakh livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Tsentru Naukovoho Zabezpechennia Ahropromyslovoho Vyrobnytstva Kharkivskoi Oblasti*, 18, 62–66. [In Ukrainian].
6. Litoshko, S. V. (2019). Sunflower response to additional nutrition at different systems of basic treatment of soil. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, (28), 118–129. doi: 10.36710/ioc-2019-28-12
7. Poliakov, O. I., Nikitenko, O. V., & Litoshko, S. V. (2021). Economic and bioenergy efficiency of sunflower cultivation depending on agricultural receptions. (2021). *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, (30), 84–95. doi: 10.36710/ioc-2021-30-09
8. Sakharchuk, O. V., & Garbar, L. A. (2018). Optimization of nutrition conditions of sunflower growing. *Myronivka Bulletin*, 7 (0), 146–155. doi: 10.31073/mvis201807-14
9. Tkalich, I. D., Hyrka, A. D., Bochevar, O. V., & Tkalich, Yu. I. (2018). Ahrotekhnichni zakhody pidvyshchennia urozhainosti nasinnia soniashnyku v umovakh Stepu Ukrainy. *Zernovi Kultury*, 2 (1), 44–52. doi: 10.31867/2523-4544/0006 [In Ukrainian].
10. Totskyi, V. M., & Len, A. I. (2021). Influence of macro- and micro-fertilizers on biometry, performance and qualitaty of sunflower hybrids. *Plant Breeding and Seed Production*, 119, 161–169. doi: 10.30835/2413-7510.2021.237160
11. Aruna, E., & Mohammad, S. (2005). Influence of conjunctive use of organic and inorganic source of nutrients in rice (*Oryza sativa*) on crop growth, yield components, yield and soil fertility in rice- sunflower (*Helianthus annuus*) sequence. *Indian Journal of Agronomy*, 50 (4), 265–268.
12. Chinnamuthu, C. R., Venkatakrishnan, A. S., & Manickasundaram, P. (2004). Effect of preceding kharif legumes and levels of NPK on the succeeding rabi sunflower, *Helianthus annuus* L. *Journal of Oilseeds Research*, 21 (1), 82–85.

13. Kandil A. A., Sharief, A. E., & Odam, A. M. A. (2017). Response of some sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) to different nitrogen fertilizer rates and plant densities. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB),* 2 (6), 2978–2994. doi: 10.22161/ijeab/2.6.26

14. Mollashahi, M., Ganjali, H., & Fanaei, H. (2013). Effect of different levels of nitrogen and potassium on yield, yield components and oil content of sunflower. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 2, 1237–1240.

15. Namvar, A., Khandan, T., & Shojaei, M. (2012). Effects of bio and chemical nitrogen fertilizer on grain and oil yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under different rates of plant density. *Annals of Biology Research*, 3 (2), 1125–1131.

16. Nawaz, N., Sarwar, G., Yousaf, M., Naseeb, T., Ahmad, A., & Sah, M. J. (2003). Yield and Yield Components of Sunflower as Affected by Various NPK Levels. *Asian Journal of Plant Sciences*, 2, 561–562. doi: 10.3923/ajps.2003.561.562

17. Osman, E. B. A., & Awed, M. M. M. (2010). Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to phosphorus and nitrogen fertilization under different plant spacing at new valley. *Assiut University Bulletin for Environmental Researches*, 13 (1), 11–18.

18. Patil, V. D., Bavalgave, V. G., Waghmare, M. S., Kagne, S. V., & Kesare, B. J. (2009). Effect of fertilizer doseson yield and quality of sunflower hybrids. *International Journal of Agricultural Science*, 5 (1), 40–42.

19. Sadiq, S. A., Shahid, M., Jan, A., & Noor-Ud-Din, S. (2000). Effect of various levels of nitrogen, phosphorus and potassium (NPK) on growth, yield and yield components of sunflower. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 3, 338–339. doi: 10.3923/pjbs.2000.338.339

20. Tomar, H. P. S., Dadhwal, K. S., & Singh, H. P. (1996). Oil content, oil and cake yield and protein content of sunflower (*Helianthus annuus* L.) as influenced by irrigation, nitrogen and phosphorus levels. *Indian Journal of Soil Conservation*, 24 (3), 215–220.

Стаття надійшла до редакції: 20.03.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Гангур В. В., Космінський О. О., Лень О. І., Тоцький В. М. Вплив удобрення на продуктивність соняшнику та якість насіння. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 50–56.

©Гангур Володимир Васильович, Космінський Олег Олегович, Лень Олександр Іванович, Тоцький Віктор Михайлович, 2022

Agriculture. Plant growing
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 633.179(477.4-292.485) 633.179(477.4-292.485) | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.06**

FORMATION OF PHOTOSYNTHETIC PARAMETERS OF PLANTING AND BIOLOGICAL YIELD OF MILLET VARIETIES DEPENDING ON METHODS OF SOWING AND INTERCROPPING

M. Kostenko ORCID 0000-0002-6454-0191

Poltava State Agrarian Academy, 1/3 Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine
E-mail: maksym.kostenko@pdaa.edu.ua

How to Cite

Kostenko, M. (2022). Formation of photosynthetic parameters of planting and biological yield of millet varieties depending on methods of sowing and intercropping. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 57–65. doi: 10.31210/visnyk2022.02.06

During the experiment, the influence of predecessors, sowing methods, and sowing rates on the productivity of millet was studied. The study aimed to estimate the impact of varieties, sowing methods, and precursors on the formation of photosynthetic indicators and the biological yield of millet. The leaf surface area was calculated by the method of cutouts. The accumulation of organic matter in plants was calculated by the weight method after drying the cuttings in a thermostat. After obtaining the relevant data, the photosynthetic potential and net photosynthetic productivity were calculated using formulas. The best results were observed in plants sown in a row method in soil free from crops. The Bila Altanka variety, sown in a row method in soil free from crops, had the best results in almost all indicators: leaf area – 57.4 m^2/ha in the tuber phase and 58.3 m^2/ha in the panicle ejection phase; photosynthetic potential – 579.07 thousand m^2/ha; net productivity of photosynthesis – 8.8 g per day/m^2; dry mass gain – 36.92 g per day/m^2; plant weight – 723 g/m^2; biological yield – 2.3 t/ha of grain and 4.8 t/ha of straw. The maximum foliage was also in the Bila Altanka variety, sown in a row method, but the predecessor was winter wheat. Foliage in this version was 47 %. The dependence between photosynthetic indicators and yield is observed. The greater the leaf area, the photosynthetic potential of the crop, net photosynthetic productivity, and dry weight gain, the better the yield. The Zolushka variety, sown in a row after predecessors such as peas and winter wheat, showed a high result compared to other options. Thus, the biological yield of Zolushka, sown by the row method after peas, was 1.6 t/ha of grain and 2.2 t/ha of straw, and after winter wheat – 1.3 t/ha of grain and 2.2 t/ha of straw. Most of the other indicators in these options are high. The worst results were in varieties sown after perennial grasses. Moreover, it was the Zolushka variety that showed the lowest results, even though they were high after other predecessors. Thus, the Zolushka variety, sown after perennial grasses in a row method had a yield of 0.4 t/ha of grain and 0.5 t/ha of straw, and in a wide-row method – 0.3 t/ha of grain and 0.4 t/ha of straw. We recommend the Zolushka variety for cultivation, sown in rows after peas.

Key words: *millet, leaf surface area, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity, dry matter, biological yield.*

ФОРМУВАННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОСІВІВ ТА БІОЛОГІЧНОЇ ВРОЖАЙНОСТІ СОРТІВ ПРОСА ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБІВ СІВБИ ТА ПОПЕРЕДНИКІВ

М. П. Костенко
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

У досліді вивчали вплив попередників, способів сівби та норми висіву на продуктивність проса звичайного. Метою цього дослідження було з'ясувати, який вплив сорти, спосіб сівби та попередники мають на формування фотосинтетичних показників та біологічної урожайності проса. Площу

листкової поверхні визначали методом «висічок». Накопичення органічної речовини у рослин визначали ваговим методом після висушування в термостаті висічок. Після отримання відповідних даних за допомогою формул був розрахований фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу. Найкращі результати спостерігали в рослин, висіяних по пару рядковим способом. Сорт Біла альтанка, висіяний рядковим способом по пару, мав найкращі результати майже за всіма показниками: площа листків – 57,4 тис. м^2/га у фазі трубкування і 58,3 тис. м^2/га у фазі викидання волоті; фотосинтетичний потенціал – 579,07 тис. м^2 діб/га; чиста продуктивність фотосинтезу – 8,8 г за добу/м^2; приріст сухої маси – 36,92 г за добу/м^2; маса рослин – 723 г/м^2; біологічна врожайність – 2,3 т/га зерна і 4,8 т/га соломи. Максимальна облистненість була також у сорту Біла альтанка, висіяного рядковим способом, але попередником була пшениця озима. Облистненість у цьому варіанті становила 47 %. Спостерігається залежність між фотосинтетичними показниками та врожайністю. Чим більша площа листків, фотосинтетичний потенціал посіву, чиста продуктивність фотосинтезу та приріст сухої маси, тим краща врожайність. Сорт Золушка, висіяний рядковим способом після таких попередників, як горох та пшениця озима, показав високий результат порівняно з іншими варіантами. Зокрема, біологічна врожайність Золушки, висіяної рядковим способом після гороху становила 1,6 т/га зерна і 2,2 т/га соломи, а після пшениці озимої – 1,3 т/га зерна і 2,2 т/га соломи. Також більшість інших показників у цих варіантах високі. Найгірші результати були у сортів, висіяних після багаторічних трав. Причому саме сорт Золушка показав найнижчі результати, незважаючи на те, що після інших попередників вони були високі. Так, сорт Золушка, висіяний після багаторічних трав рядковим способом, мав урожайність – 0,4 т/га зерна і 0,5 т/га соломи, а широкорядним способом – 0,3 т/га зерна і 0,4 т/га соломи. Рекомендуємо для вирощування сорт Золушка, висіяний рядковим способом після гороху.

Ключові слова: *просо, площа листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу, суха речовина, біологічний урожай.*

Вступ

Просо – це круп'яна культура, яка характеризується безвідходним використанням продуктів переробки у промисловій, фармацевтичній, мікробіологічній, кормовій та харчовій галузях промисловості [1]. Для України просо – це основна нішева культура [2]. Просо служить для виробництва пшона, а також має високі кормові властивості, тому з нього виходить гарна зелена маса й зернофураж, а солома проса є гарним кормом для тварин [3, 4]. За харчовими показниками та смаковими якостями просо перебуває в перших рядах серед круп'яних культур [5]. Навіть у посушливі роки просо дає вищий врожай, ніж інші зернові культури та може застосовуватися як страхова культура [6]. Збільшення валового збору і врожайності зерна проса є важливим завданням в усьому світі [7].

Формування врожаю залежить від інтенсивності фотосинтезу. Тому, щоб отримати високий врожай, потрібно стимулювати фотосинтез рослин. Найкращий урожай можна отримати при оптимальній площі листя [8]. Від площі листкової поверхні залежить інтенсивність приросту сухої речовини. Це залежить від режиму живлення рослин. Важливий чинник продуктивності фотосинтезу – це тривалість роботи і потужність асиміляційного апарату [9]. Фотосинтез тісно пов'язаний із живленням рослин [10].

Завдяки тому, що у виробництво впроваджуються нові високопродуктивні сорти проса, удосконалюються елементи агротехнології, серед яких важливе значення має норма висіву насіння. У кожного сорту свої індивідуальні біологічні особливості, які впливають на розмір волоті та ступінь її галуження, швидкість росту, енергію кущіння, площу фотосинтетичного апарату і стійкості рослин до вилягання. Усі ці показники впливають на врожай [11]. Фермери, які вирощують просо кожен рік на великих площах і мають високі врожаї, отримують значний прибуток завдяки продажу зерна проса [12, 13].

Мета дослідження: встановити вплив сорту, способу сівби та попередників на формування фотосинтетичних показників і біологічної урожайності проса.

Для досягнення поставленої мети передбачено розв'язати такі завдання:

- провести фенологічні спостереження;
- визначити площу листкової поверхні проса;
- визначити ФП та ЧПФ проса;
- визначити приріст сухої маси;
- визначити масу вегетативної частини рослин та облистненність проса;
- визначити біологічну врожайність проса.

Матеріали і методи досліджень

Досліди закладали в с. Бричківка на дослідному полі Полтавського державного аграрного університету впродовж 2020–2021 рр. Об'єктом дослідження були сорти проса ультраскоростиглої групи: Біла альтанка, Золушка і Полтавське золотисте. Систематичний метод розміщення використовувався для проведення досліду. Повторність триразова. Норма висіву становила 3,4–4 млн насінин на га. Саме така норма висіву рекомендована для Лісостепової зони [14]. Сівбу проводили звичайним рядковим способом з нормою висіву – 22 кг/га і широкорядним з нормою висіву – 18 кг/га. Дослід закладався після 4-х попередників: пшениця озима, горох, багаторічні трави і чорний пар – контроль.

Ґрунт поля, де проводили дослідження, темно-сірий опідзолений, а механічний склад ґрунту пилувато-важкосуглинистий. Показники ґрунту: $_{p}$Н сольової витяжки 5,8–6; вміст гумусу 3,77–3,93 %; насиченість основами (Ca + Mg) – 77 %; гідролітична кислотність – 5,5–6,4 мг/100 г ґрунту.

Площу листкової поверхні визначали методом «висічок». З кожної ділянки відбирали по 10 рослин, обривали листя і зважували його. Потім з 50-ти листків металевою трубкою певного діаметру робили висічки. Знаючи площу однієї висічки, масу висічок, їх число і загальну кількість листків визначали за формулою: $S = P \cdot S_1 \cdot n / P_m$, де S – площа листкової поверхні з 10 рослин, см^2; S_1 – площа однієї висічки, см^2; P – загальна маса листків, г; P_m – маса висічок, г; n – кількість висічок, шт.

Для визначення фотосинтетичного потенціалу обчислювали спершу середню площу листкової поверхні міжфазних періодів вегетації, тобто середню площу листкової поверхні множили на кількість днів, упродовж яких тривав міжфазний період.

Накопичення органічної речовини визначали ваговим методом після висушування в термостаті.

Чисту продуктивність фотосинтезу розраховували за формулою: $ЧПФ = (M_2 – M_1)/[0{,}5 \cdot (П_1 + П_2) \cdot Д]$, де M_1, M_2 – маса рослин на одиниці площі на початку в кінці певного періоду, г; $П_1$, $П_2$ – площа листкового апарату в ці самі періоди визначення, см^2; Д – тривалість періоду, діб.

Результати досліджень та їх обговорення

Загалом максимальна площа листків була у рослин, висіяних по пару, а мінімальна – у сортів, де попередником були багаторічні трави. Найбільша площа листя проса за умови рядкового способу сівби була в сорту Біла альтанка, висіяного по пару, – 57,4 тис. м^2/га у фазі трубкування і 58,3 тис. м^2/га у фазі викидання волоті, а найменша – в сорту Золушка, висіяного після багаторічних трав, – 2,5 тис. м^2/га у фазі трубкування і 4,1 тис. м^2/га у фазі викидання волоті. За умови широкорядного способу сівби найбільша площа листя була також в сорту Біла альтанка, висіяного по пару, – 45 тис. м^2/га у фазі трубкування і 45,7 тис. м^2/га у фазі викидання волоті, а найменша – в сорту Золушка, висіяного після багаторічних трав, – 1,6 тис. м^2/га у фазі трубкування і 3,4 тис. м^2/га у фазі викидання волоті (рис. 1–2).

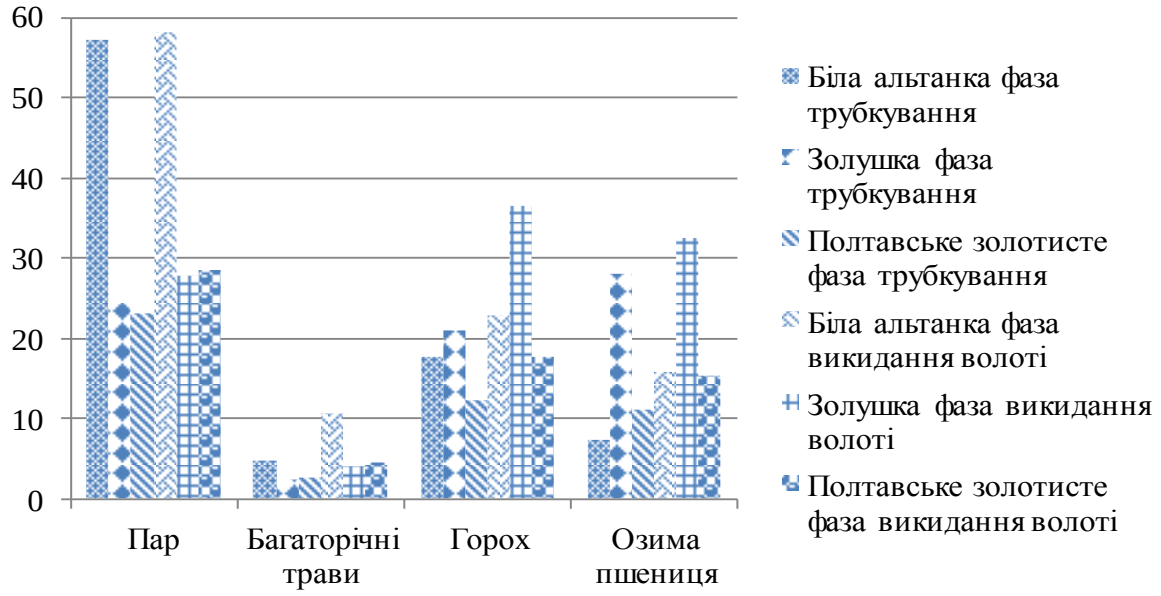


Рис. 1. Площа листкової поверхні сортів проса в посівах рядкового способу сівби залежно від попередників, тис. м^2/га

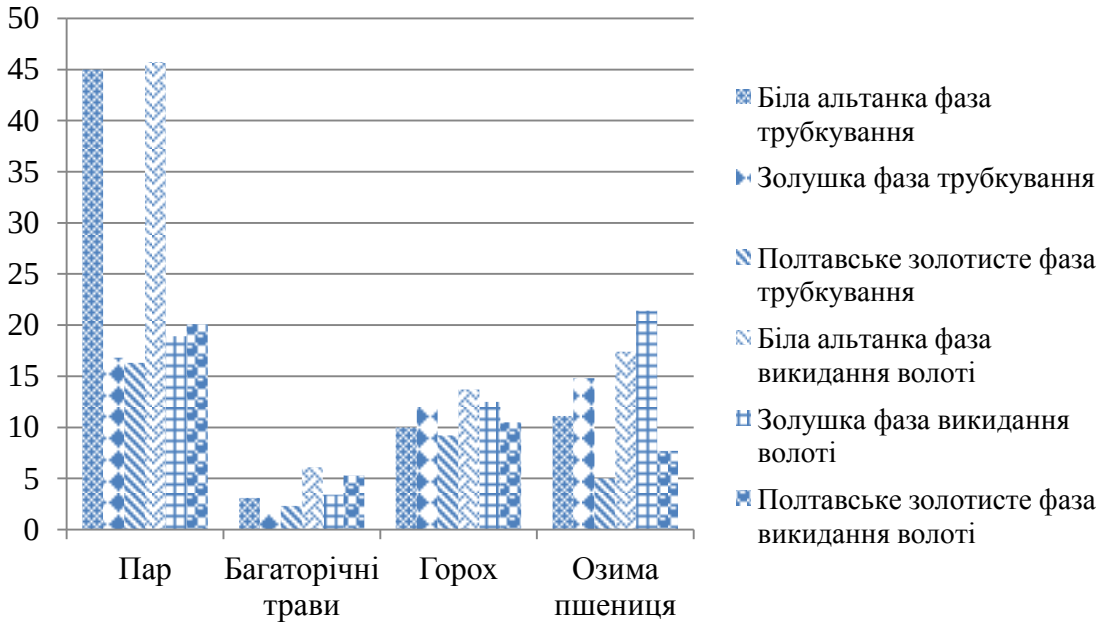


Рис. 2. Площа листкової поверхні сортів проса в посівах широкорядного способу сівби залежно від попередників, тис. м²/га

Фотосинтетичний потенціал посіву проса залежить від площі листків, тому відповідно максимальний фотосинтетичний потенціал за умови рядкового способу сівби був у сорту Біла альтанка, висіяного по пару, – 579,07 тис. м² діб/га й мінімальний – у сорту Золушка, висіяного після багаторічних трав, – 33,6 тис. м² діб/га. За умови широкорядного способу сівби найвищий показник також був у сорту Біла альтанка, висіяного по пару, – 453,93 тис. м² діб/га й найнижчий – у сорту Золушка, висіяного після багаторічних трав, – 25,41 тис. м² діб/га.

Чиста продуктивність фотосинтезу прямо залежить від урожайності [15]. Чиста продуктивність фотосинтезу посівів проса за умови рядкового способу сівби була максимальна у сорту Біла альтанка, висіяного по пару, – 8,8 г за добу/м², а мінімальна – у сорту Золушка, також висіяного по пару, – 0,44 г за добу/м². За умови широкорядного способу сівби максимальний показник також був у сорту Біла альтанка, висіяного по пару, – 6,15 г за добу/м², а мінімальний – у сорту Золушка, висіяного після гороху, – 0,12 г за добу/м² (табл. 1).

1. Фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу посівів проса залежно від агротехнічних факторів

Попередник	Спосіб сівби	Сорти	ФП тис. м² діб/га	ЧПФ г за добу/м²
Пар	Рядковий	Біла альтанка	579,07	8,8
		Золушка	263,76	0,44
		Полтавське золотисте	260,31	1,1
	Широкорядний	Біла альтанка	453,93	6,15
		Золушка	178,67	0,34
		Полтавське золотисте	182,36	0,91
Багаторічні трави	Рядковий	Біла альтанка	79,47	3,17
		Золушка	33,6	0,84
		Полтавське золотисте	36,48	1,19
	Широкорядний	Біла альтанка	46,37	1,25
		Золушка	25,41	0,94
		Полтавське золотисте	38,4	0,88
Горох	Рядковий	Біла альтанка	204,65	2
		Золушка	288,82	3,24
		Полтавське золотисте	151,55	3,37

	Широкорядний	Біла альтанка	119,06	0,42
		Золушка	122,73	0,12
		Полтавське золотисте	98,87	1,01
Пшениця	Рядковий	Біла альтанка	117,82	2,95
		Золушка	304,64	0,81
		Полтавське золотисте	135	2,25
	Широкорядний	Біла альтанка	142,78	1,7
		Золушка	181,04	2,05
		Полтавське золотисте	63,75	1,07
$НІР_{05}$			7,3	0,12

Найбільший приріст сухої маси спостерігається саме у сівозміні [16]. У сорту Полтавське золотисте, висіяного широкорядним способом, спостерігається більш-менш однаковий приріст сухої маси незалежно від попередника. Найбільший приріст сухої маси за умови рядкового способу сівби був у сорту Біла альтанка, висіяного по пару, – 36,92 г за добу/м^2, а найменший – у сорту Золушка, також висіяного по пару, – 1,52 г за добу/м^2. За умови широкорядного способу сівби максимальний приріст сухої маси був у сорту Біла альтанка, висіяного по пару, – 27,94 г за добу/м^2, а мінімальний – був у сорту Золушка, висіяного після гороху, – 0,43 г за добу/м^2 (рис. 3).

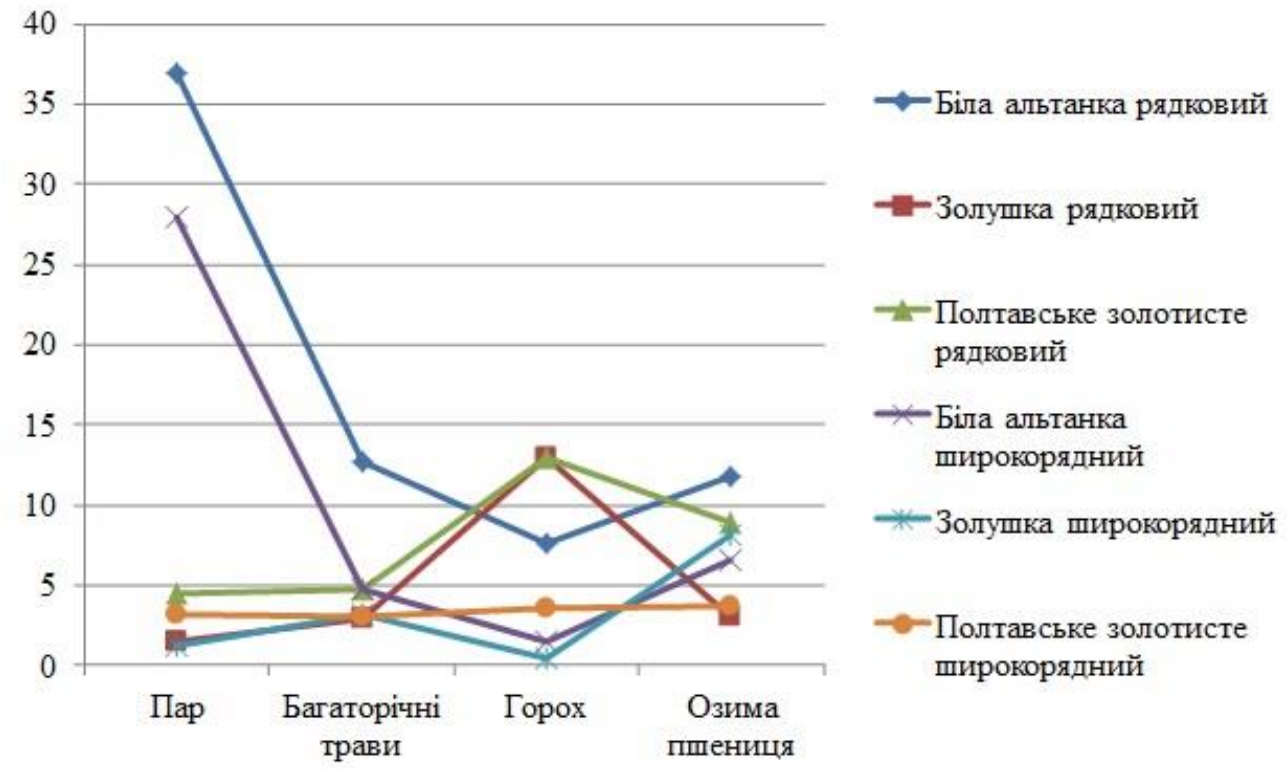


Рис. 3. Приріст сухої маси, г за добу/м^2

Біомаса рослин в основному формується завдяки фотосинтезу [17]. Загалом найбільша маса рослин була у сортів, де попередником був пар, а найменша маса рослин була після багаторічних трав. Середня маса рослин за умови рядкового способу сівби була найбільша в сорту Біла альтанка, висіяного по пару, – 723 г/м^2, а найменша – у сорту Золушка, висіяного після багаторічних трав, – 94 г/м^2. За умови широкорядного способу сівби найбільша маса була також у сорту Біла альтанка, висіяного по пару, – 595 г/м^2 і найменша – у сорту Золушка, висіяного після багаторічних трав, – 70 г/м^2.

Відомо, що розміри листкової поверхні рослин, тривалість її роботи, є визначальними факторами продуктивності фотосинтезу і розміру врожайності [18].

Найбільш облистненим сортом виявився Біла альтанка. Сорти, які були висіяні рядковим способом, більш облистнені, ніж сорти, висіяні широкорядно. Рослини, у яких попередником були горох і пшениця озима, виявилися найбільш облистненими. Найбільший відсоток облистненості мав сорт Біла альтанка, висіяний рядковим способом після пшениці озимої – 47 %, а найменшу облистненість мав сорт Золушка, висіяний широкорядним способом після багаторічних трав, – 23 % (табл. 2).

2. Маса вегетативної частини рослин та їх облистненість

Попередник	Спосіб сівби	Сорти	Маса снопа, г/м^2	Облистненість, %
Пар	Рядковий	Біла альтанка	723	37
		Золушка	541	29
		Полтавське золотисте	412	31
	Широкорядний	Біла альтанка	595	35
		Золушка	311	30
		Полтавське золотисте	330	27
Багаторічні трави	Рядковий	Біла альтанка	190	35
		Золушка	94	29
		Полтавське золотисте	110	30
	Широкорядний	Біла альтанка	161	33
		Золушка	70	23
		Полтавське золотисте	90	36
Горох	Рядковий	Біла альтанка	210	46
		Золушка	388	34
		Полтавське золотисте	174	33
	Широкорядний	Біла альтанка	184	38
		Золушка	161	40
		Полтавське золотисте	120	32
Озима пшениця	Рядковий	Біла альтанка	295	47
		Золушка	355	44
		Полтавське золотисте	218	30
	Широкорядний	Біла альтанка	253	45
		Золушка	194	28
		Полтавське золотисте	185	26
$НІР_{05}$			12,4	1,5

Найкраща врожайність була в сортів, висіяних по пару, а найгірша, – де попередником були багаторічні трави. В усіх варіантах найбільша врожайність була в сорту Біла альтанка, але сорт Золушка, висіяний рядковим способом після гороху та пшениці озимої, значно перевищує за врожайністю в даних варіантах досліду. Максимальна біологічна врожайність за умови рядкового способу сівби становить – 2,3 т/га зерна і 4,8 т/га соломи в сорту Біла альтанка, висіяного по пару, а мінімальна – в сорту Золушка, висіяного після багаторічних трав, – 0,4 т/га зерна і 0,5 т/га соломи. За умови широкорядного способу сівби максимальний показник також був у сорту Біла альтанка, висіяного по пару, – 2 т/га зерна і 3,9 т/га соломи, а мінімальний показник був у сорту Золушка, висіяного після багаторічних трав, – 0,3 т/га зерна і 0,4 т/га соломи. Цей самий сорт, висіяний рядковим способом після таких попередників, як горох та пшениця озима, показав високу врожайність порівняно з іншими варіантами. Отже, врожайність Золушки, висіяної рядковим способом після гороху, становила 1,6 т/га зерна і 2,2 т/га соломи, а після озимої пшениці врожайність була 1,3 т/га зерна і 2,2 т/га соломи (табл. 3).

3. Біологічна врожайність проса залежно від агротехнічних факторів

Попередник	Спосіб сівби	Сорти	Біологічна врожайність, т/га	
			зерна	соломи
Пар	Рядковий	Біла альтанка	2,3	4,8
		Золушка	1,8	3,5
		Полтавське золотисте	1,1	3
	Широкорядний	Біла альтанка	2	3,9
		Золушка	0,9	2,1
		Полтавське золотисте	0,9	2,4
Багаторічні трави	Рядковий	Біла альтанка	0,8	1
		Золушка	0,4	0,5
		Полтавське золотисте	0,5	0,7
	Широкорядний	Біла альтанка	0,6	0,9
		Золушка	0,3	0,4
		Полтавське золотисте	0,4	0,5
Горох	Рядковий	Біла альтанка	0,8	1,2
		Золушка	1,6	2,2
		Полтавське золотисте	0,8	0,9
	Широкорядний	Біла альтанка	0,8	1
		Золушка	0,7	1
		Полтавське золотисте	0,5	0,7
Озима пшениця	Рядковий	Біла альтанка	0,8	2,1
		Золушка	1,3	2,2
		Полтавське золотисте	0,9	1,2
	Широкорядний	Біла альтанка	0,9	1,5
		Золушка	0,8	1
		Полтавське золотисте	0,8	1
$НІР_{05}$			0,04	0,1

Оптимальний ріст та формування фотосинтетичних параметрів посівів залежать від обґрунтованості технології вирощування, яка забезпечує тривалішу роботу листкового апарату та сприятливі умови для реалізації продуктивного потенціалу сорту [19].

Залежно від попередника в технології вирощування кожної сільськогосподарської культури планують систему основного обробітку ґрунту, що має істотний вплив на забур'яненість поля [20, 21]. Тому підбір певного попередника для проса передбачає також розробку подальших елементів технології вирощування залежно від цього попередника.

Висновки

Максимальна площа листкової поверхні проса була в сорту Біла альтанка, висіяного по пару, – 57,4 тис. м^2/га у фазі трубкування і 58,3 тис. м^2/га у фазі викидання волоті за умови рядкового способу сівби й відповідно інші показники також найбільші в цьому варіанті: фотосинтетичний потенціал – 579,07 тис. м^{2}діб/га; чиста продуктивність фотосинтезу – 8,8 г за добу/м^2; приріст сухої маси – 36,92 г за добу/м^2; маса рослин – 723 г/м^2; біологічна врожайність – 2,3 т/га зерна і 4,8 т/га соломи. Найбільш облистненим був сорт Біла альтанка, висіяний рядковим способом після пшениці озимої, – 47 %. Мінімальна площа фотосинтетичної поверхні проса була в сорту Золушка, висіяного широкорядним способом після багаторічних трав, – 1,6 тис. м^2/га у фазі трубкування і 3,4 тис. м^2/га у фазі викидання волоті та також найменшими показниками в цьому варіанті були: фотосинтетичний потенціал – 25,41 тис. м^{2}діб/га; маса рослин – 70 г/м^2; облистненність – 23 %; біологічна врожайність – 0,3 т/га зерна і 0,4 т/га соломи. Найменша чиста продуктивність фотосинтезу була у сорту Золушка, висіяного після гороху, – 0,12 г за добу/м^2. Мінімальний приріст сухої маси також був у сорту Золушка, висіяного після гороху, – 0,43 г за добу/м^2. Для післяжнивної сівби рекомендується сорт Золушка, висіяний після гороху рядковим способом.

Перспективи подальших досліджень полягають в удосконаленні технології вирощування проса у післяжнивних посівах.

References

1. Stoliar, S. H., & Vitiuk, I. I. (2019). Spozhyvchi vlastyvosti prosa posivnoho, *Trofolohiia (vchennia pro zakonomirnosti zhyvlennia bioty ta pravylnoho kharchuvannia liudei) – novitnii mizhdystsyplinarnyi napriam v Ukraini* : materialy I Vseukrainskoi naukovo-osvitno-praktychnoi konferentsii. Zhytomyr: Zhytomyrskyi natsionalnyi ahroekolohichnyi universytet [In Ukrainian].
2. Kharchenko, Yu. V., Kholod, S. M., & Kholod, S. H. (2018). Henetychni resursy prosa kolektsii ustymivskoi doslidnoi stantsii ta yikh znachennia dlia selektsiinoi praktyky. *Selektsiia i Nasinnytstvo*, 113, 168–178. doi: 10.30835/2413-7510.2018.134370 [In Ukrainian].
3. Kobyzieva, L. N., Horbachova, S. M., & Biriukova, O. V. (2013). Proso-kultura universalnoho napriamu vykorystannia. *Visnyk Tsentru Naukovoho Zabezpechennia APV Kharkivskoi Oblasti*, 14, 68–75. [In Ukrainian].
4. Bilonozhko, M. A. (2001). Zernovi kultury: Proso. In: O. I. Zinchenko (Red.), *Roslynnytstvo: Pidruchnyk* (290–297). Kyiv: Ahrarna osvita [In Ukrainian].
5. Antonova, S. A. (2018). Optimizaciya sistemy udobreniya prosa s ispolzovaniem solomy na chernozeme tipichnom v usloviyah lesostepi Srednego Povolzhya. *Candidate's thesis*. Ulyanovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni P.A. Stolypina, Ulyanov [In Ukrainian].
6. Averchev, O. V., & Nikitenko, M. P. (2021). *Formuvannia novoi paradyhmy rozvytku ahropromyslovoho sektoru v XXI stolitti: kolektyvna monohrafiia*: Ch. 2. Lviv-Torun: Liha-Pres [In Ukrainian].
7. Bielienikhina, A. V. (2012). Vrozhainist suchasnykh sortiv prosa pry vzaiemodii adaptyvnykh faktoriv. *Biuleten Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony NAAN Ukrainy*, 3, 120–123. [In Ukrainian].
8. Shevel, V. (2016). Otsinka fotosyntetychnoi diialnosti prosa v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk. Silskohospodarski Nauky*, 96, 129–134. [In Ukrainian].
9. Kaminskyi, V. F., & Hliieva, O. V. (2014). Ploshcha lystkovoho aparatu ta fotosyntetychna produktyvnist posiviv prosa za riznykh rivniv mineralnoho zhyvlennia. *Zbirnyk Naukovykh Prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*, 3, 79–84. [In Ukrainian].
10. Rudnyk-Ivashchenko, O. I. (2011). Vplyv mikroelementiv na protsesy formuvannia khlorofiliv u lystkakh roslyn prosa posivnoho. *Selektsiia i Nasinnytstvo*, 100, 216–224. [In Ukrainian].
11. Drahan, M. I., & Hryshchenko, R. Ye. (2007). Urozhainist krupianykh kultur ta analiz naukovoi roboty doslidnykh ustanov lisostepu i polissia. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1, 188–193. [In Ukrainian].
12. Ushkarenko, V. O., & Averchev, O. V. (2007). *Proso na pivdni Ukrainy: monohrafiia*. Kherson: Oldi plius [In Ukrainian].
13. Poltoretskyi, S. P., & Poltoretska, N. M. (2015). The dependence of yield and quality indicators of seeds of millet, depending on the time and method of sowing. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 29–31. doi: 10.31210/visnyk2015.04.06
14. Tyshchenko, V. M., Batashova, M. Ye., Dinets, O. M., & Dryzhenko, L. M. (2013). *Sorty silskohospodarskykh kultur selektsii Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii: metodychni rekomendatsii*. Poltava: RVV [In Ukrainian].
15. Siryak, N. V. (2010). Dinamika fotosinteticheskoj produktivnosti kultury prosa. *Ukrayinskij Gidrometeorologichnij Zhurnal*, 6, 172–179. [In Ukrainian].
16. Ahmedov, S. H., Rzayev, M. Y., Mammadova, P. M., & Abdullayeva, Z. M. (2020). Plant growth and dynamics of green mass and dry matter accumulation in crop rotations and monocrops on irrigation. *Plant Breeding and Seed Production*, 117, 158–163. doi: 10.30835/2413-7510.2020.207158
17. Zinchenko, O. I., Korotieiev, A. V., & Kalenska, S. M. (2008). *Roslynnytstvo: praktykum*. Vinnytsia [In Ukrainian].
18. Milenko, O. H. (2015). Formuvannia fotosyntetychnoho aparatu soi zalezhno vid sortu, norm vysivu nasinnia ta sposobiv dohliadu za posivamy. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 91, 49–55. [In Ukrainian].
19. Milenko, O. H., Antonets, M. O., Kopan, D. V., Dobrovolskyi, S. O., & Lukina, A. R. (2021). Yield capacity of early-maturing soybean varieties depending on seeding rate. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 103–111. doi: 10.31210/visnyk2021.04.13
20. Milenko, O. H., Horiachun, K. V., Zviaholsky, V. V., Kozynko, R. A., & Karpinska, S. O. (2020). Effectiveness of soil herbicides application in grain corn areas. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 72–78. doi: 10.31210/visnyk2020.02.09

21. Milenko, O. H., Solod, I. S., Mohylat, P. H., Hryn, M. E., & Veherenko, V. S. (2020). Effectiveness of post-emergence herbicides application on areas of corn grown for grain. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 86–92. doi: 10.31210/visnyk2020.04.10

Стаття надійшла до редакції: 22.03.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Костенко М. П. Формування фотосинтетичних параметрів посівів та біологічної врожайності сортів проса залежно від способів сівби та попередників. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 57–65.

© Костенко Максим Петрович, 2022

Agriculture. Plant growing
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 633.63:631.811.98:631.559 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.07**

THE EFFECTIVENESS OF GROWTH REGULATORS' FOLIAR APPLICATION ON SUGAR BEET PLANTINGS

S. Filonenko[1]* ORCID 0000-0001-8360-8852
M. Tyshchenko[2]
V. Raida[1]

[1] Poltava State Agrarian University, Skovoroda St., 1/3, Poltava, 36000, Ukraine
[2] Veselopodolianska Selection State Station of Institute of Bio-Energy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 1, Selectsioneriv st., village of Veremiivka, Kremenchug district, Poltava region, 38251, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: sergii.filonenko@pdaa.edu.ua

How to Cite

Filonenko, S., Tyshchenko, M., & Raida, V. (2022). The effectiveness of growth regulators' foliar application on sugar beet plantings. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 66–74. doi: 10.31210/visnyk2022.02.07

The application of growth regulators is an important element of cultivation technologies of field crops including sugar beet. However, these preparations affect crop productivity and the quality of plant products differently. In this connection, studying the peculiarities of sugar beet productivity formation and technological qualities of their roots under specific soil and climatic conditions at foliar application of growth regulators is significant and topical. The purpose of our research was to study the impact of Tecamin Max, Vertex, and Dominant growth regulators at their foliar application on sugar beet productivity and the technological qualities of their roots, to specify the biological peculiarities of root yield formation and their sugar content. For this purpose, it was necessary to solve the following tasks: to study the peculiarities of Bulava sugar beet hybrid plants' growth and development depending on the application of growth regulators; to find the best growth regulator for foliar application from the studied ones to use on sugar beet plantings depending on the hybrid; to determine the effect of Tecamin Max, Vertex, and Dominant growth regulators on the crop root yield and their technological qualities. The corresponding researches were conducted at Veselopodilska Experimental and Selection Station (Kremenchuk district, Poltava region) of the Institute of Bio-Energy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine during 2019–2021. As a result of the conducted studies, it has been established that the application of Vertex, Tecamin Max, and Dominant growth regulators on sugar beet plantings has a stabilizing effect on plant density indicators. During the three years, on the average, the number of plants on all the studied variants was the optimal for the corresponding soil and climatic zone – 100 thou/ha (Tecamin Max, 1 l/ha), 93.3 thou/ha (Vertex, 0.5 l/ha), and 91.1 thou/ha (Dominant, 40 ml/ha). Foliar application of the studied growth regulators has a positive impact on leaf-area duration of sugar beet plants. As to this indicator, Tecamin Max growth regulator, applied at a dose of 1 l/ha, was the most effective. After using this preparation, the leaf-area duration on the plot was the largest comparing to other growth regulators. The optimal ratio of different biologically active substances as components of the corresponding growth regulators as well as the correctly chosen doses of their application assisted in activating the photo-synthetic plant activity. As a result, higher yields were obtained on the studied variants with higher sugar content and sugar output. The best results were registered on variant 2, where Tecamin Max growth regulator was foliar applied at a dose of 1 l/ha – 46.3 t/ha, 18 %, and 8.33 t/ha, respectively.

Key words: *sugar beet, growth regulators, Tecamin Max, Vertex, Dominant, leaf-area duration, plant density, foliar application, yield, sugar content.*

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ВНЕСЕННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ПОСІВАХ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ

***С. В. Філоненко*[1], *М. В. Тищенко*[2], *В. В. Райда*[1]**
[1] Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна
[2] Веселоподільська дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, с. Вереміївка, Полтавська область, Україна

Сучасні регулятори росту по-різному впливають на продуктивність сільськогосподарських культур і якість рослинницької продукції. Через це важливим і актуальним є вивчення в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах особливостей формування продуктивності буряків цукрових та технологічних якостей їхніх коренеплодів за умови позакореневого внесення регуляторів росту. Мета наших досліджень полягала у вивченні впливу регуляторів росту Текамін Макс, Вертекс та Домінант, що вносилися позакоренево, на продуктивність буряків цукрових і технологічні якості їхніх коренеплодів, уточненні біологічних особливостей формування врожаю коренеплодів та їх цукристості. Для цього необхідно було вирішити такі завдання: дослідити особливості росту і розвитку рослин буряків цукрових гібрида Булава залежно від застосування регуляторів росту; встановити кращий із досліджуваних регулятор росту рослин для позакореневого внесення на посівах буряків цукрових відповідного гібрида; визначити вплив регуляторів росту Текамін Макс, Вертекс та Домінант на врожайність коренеплодів та їхні технологічні якості. Відповідні дослідження проводили на дослідному полі Веселоподільської дослідно-селекційної станції (Кременчуцький район, Полтавська область) Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України упродовж 2019–2021 рр. У результаті проведених досліджень встановлено, що застосування регуляторів росту Вертекс, Текамін Макс і Домінант на посівах буряків цукрових має стабілізаційний вплив на показники густоти рослин культури. На всіх досліджуваних варіантах кількість рослин перед збиранням урожаю в середньому за три роки була оптимальною для відповідної ґрунтово-кліматичної зони – 100 тис./га (Текамін Макс, 1 л/га), 93,3 тис./га (Вертекс, 0,5 л/га) і 91,1 тис./га (Домінант, 40 мл/га). Позакореневе внесення досліджуваних регуляторів росту має позитивний вплив на площу листкової поверхні рослин буряків цукрових. Краще проявив себе щодо цього регулятор росту Текамін Макс, який вносили дозою 1 л/га. Досліджувані регулятори росту позитивно вплинули на врожайність, цукристість коренеплодів та збір цукру. Найбільшими відповідні показники виявилися на варіанті 2, де позакоренево вносили регулятор росту Текамін Макс дозою 1 л/га, – 46,3 т/га, 18 % і 8,33 т/га відповідно.

Ключові слова: *буряки цукрові, регулятори росту, Текамін Макс, Вертекс, Домінант, листкова поверхня, густота рослин, позакореневе внесення, урожайність, цукристість.*

Вступ

Буряки цукрові для нашої країни давно вже стали класичною сільськогосподарською культурою [9]. І хоча їх вік широкомасштабного промислового виробництва налічує всього понад два століття, ця культура є справжнім індикатором фаховості і професіоналізму сучасного агронома [3, 14]. Сьогодні посівні площі буряків цукрових в Україні, на жаль, скорочуються. Причин цього процесу багато і більшість із них не завжди залежить від аграріїв [17]. Проте вони точно розуміють, що якщо ми втратимо бурякоцукрову галузь, то вже нічого буде сподіватися на відродження українського села [25].

Не є таємницею, що буряки цукрові у світі створили потужну промисловість, яка дає роботу мільйонам робітників [12, 22]. Це стосується і нашої країни. Тому потрібно розвивати вітчизняне буряківництво, впроваджуючи різні інноваційні розробки у технологічний процес вирощування фабричних буряків цукрових і їх насінників. Однією із таких новацій є застосування різних регуляторів росту рослин [11, 15].

Регулятори росту рослин – це широкий термін, який включає природні (ендогенні), синтетичні (екзогенні), біологічно активні та хімічні сполуки [19, 23].

Сьогодні в нашій країні застосовується понад півсотні засобів для росту рослин. Основний напрям використання регуляторів росту рослин – прискорений розвиток рослин культури. Далі слідує підвищення їхньої стійкості до низьких температур, посухи, засоленості ґрунту і боротьба з

виляганням зернових культур, льону, коноплі, переривання фази спокою у насінні, недопущення опадання плодів [24, 26].

Цікавим і важливим є те, що регулятори росту підвищують біологічну та господарську ефективність рослинництва, сприяють зниженню вмісту нітратів, іонів важких металів та радіонуклідів у кінцевій рослинницькій продукції. Крім того, регулятори мають неабияку антистресову дію, що і доведено у численних дослідах вітчизняних та світових науковців [12, 27].

Якщо проаналізувати частку витрат, які йдуть на застосування регуляторів росту, у загальних витратах на вирощування рослинницької продукції, то вартість останніх під час обприскування посівів становить 0,38 %, а для обробки насіння – 0,12 % [1].

Завдяки високій біологічній активності регуляторів росту в рослинах активізуються основні життєві процеси, в результаті чого прискорюється наростання зеленої маси та кореневої системи, більш активно використовуються поживні речовини, до того ж зростають захисні властивості у рослин [10, 21].

За даними досліджень вітчизняних науковців, що проводилися у лісостеповій зоні, такі регулятори росту, як Емістим С і Бетастимулін, сприяли підвищенню врожайності коренеплодів на 36–41 ц/га і додатковому виходу цукру на 5,8–7,0 ц/га [5].

Б. М. Черемха (2001) інформує про проведені відділом агрохімії та фізіології рослин Інституту землеробства УААН дослідження регуляторів росту у стаціонарних польових сівозмінах. Спираючись на результати цих дослідів, науковець стверджує, що в умовах економічної кризи та обмеженого матеріального забезпечення технологій вирощування культур, використовуючи регулятори росту, можна об’єктивно розраховувати на одержання додаткового урожаю буряків цукрових – 3,5–5 т/га [16].

Своєю чергою Г. А. Кулик, Н. М. Трикіна і В. О. Малаховська (2022), досліджуючи ефективність регулятора росту Біолану, зазначають, що на період найбільш активної вегетації буряків цукрових площа листкової поверхні при комбінованому застосуванні Біолану була на 16,2 % більше, ніж контроль. Окрім цього, застосування відповідного регулятора росту забезпечило підвищення продуктивності культури. Кращим і найбільш дієвим виявилося комбіноване застосування препарату (з обробкою насіння і обприскування посівів культури), де прибавка врожайності була 3,8 т/га, цукристості 0,4 % та збору цукру 0,83 т/га [4].

Для сучасного вирощування сільськогосподарських культур першочергове значення має не кількість урожаю, але і його якість та екологічна чистота. У буряків цукрових якість коренеплодів визначається насамперед високим вмістом цукрів. А їх стимулятори росту додають, немало-небагато, – від 0,4 до 1,4 % [13, 20].

Проте Т. В. Засуха (2001) застерігає, що синтетичні фізіологічно-активні речовини водночас із корисним впливом на рослини характеризуються деякими побічними шкідливими властивостями. Саме тому досить актуальним у галузі сільськогосподарського виробництва є застосування фізіологічно-активних речовин природного біосинтезу, які не тільки ефективно впливають на процеси росту та урожайність рослин культур, але і є економічно безпечними [2].

Отже, застосування регуляторів росту є важливим елементом технологій вирощування польових культур, зокрема й буряків цукрових. Проте ці препарати по-різному впливають на продуктивність культур і якість рослинницької продукції. Зважаючи на це, важливим і актуальним є вивчення в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах особливостей формування продуктивності буряків цукрових та технологічних якостей їхніх коренеплодів за умови позакореневого внесення регуляторів росту.

Мета досліджень полягала у вивченні впливу регуляторів росту Текамін Макс, Вертекс та Домінант, що вносилися позакоренево, на продуктивність буряків цукрових і технологічні якості їхніх коренеплодів, уточненні біологічних особливостей формування врожаю коренеплодів та їх цукристості.

Для досягнення вказаної мети необхідно було вирішити такі *завдання*: дослідити особливості росту і розвитку рослин буряків цукрових гібрида Булава залежно від застосування регуляторів росту; встановити кращий із досліджуваних регулятор росту рослин для позакореневого внесення на посівах буряків цукрових відповідного гібрида; визначити вплив регуляторів росту Текамін Макс, Вертекс та Домінант на врожайність коренеплодів та їхні технологічні якості.

Матеріали і методи досліджень

Польові дослідження проводили в Лівобережному Лісостепу України, зокрема на дослідному полі Веселоподільської дослідно-селекційної станції (Кременчуцький район, Полтавська область) Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України упродовж 2019–2021 рр. Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий слабкосолонцюватий малогумусний середньосуглинковий, що характеризується такими агрохімічними показниками орного шару: pH сольової витяжки – 7,3–7,8; ємність поглинання коливається в межах 35–37 мг-екв. на 100 г ґрунту; гумус за Тюріним – 4,2–4,4 %, забезпеченість рухомим фосфором та обмінним калієм (за Мачигіним) складає 45,7–59,8 і 133,1–142,4 мг/кг ґрунту відповідно.

Територія станції знаходиться в зоні недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України, де середньобагаторічна кількість опадів, за даними метеостанції Веселий Поділ, протягом року становить 511 мм, а за вегетаційний період – 326 мм.

Агрометеорологічні умови за роки проведення досліджень характеризувалися певними відхиленнями від середніх багаторічних показників, але загалом вони були сприятливими для вирощування буряків цукрових та інших сільськогосподарських культур.

Схема досліду включала 4 варіанти. На ділянках варіанту 1 не застосовували жодні регулятори росту. Цей варіант слугував контролем. На ділянках варіанту 2 позакоренево вносили регулятор росту Текамін Макс дозою 1 л/га у фазі початку змикання листків буряків цукрових у міжряддях. Варіант 3 передбачав внесення регулятора росту Вертекс дозою 0,5 л/га у таку ж фазу, що і варіант 2. На ділянках варіанту 4 застосовували регулятор росту Домінант дозою 40 мл/га у ті ж строки, що і на ділянках варіантів 2 і 3. Повторність досліду чотириразова.

На досліджуваних ділянках застосовували загальноприйняту технологію вирощування буряків цукрових для відповідної ґрунтово-кліматичної зони.

Спостереження, аналізи та обліки проводили відповідно до загальноприйнятих методик, розроблених науковцями Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (м. Київ) [6].

Результати досліджень та їх обговорення

Загальновідомо, що площа живлення рослин є визначальним фактором продуктивності сільськогосподарських культур, зокрема і буряків цукрових. Зважаючи на це, у програмі нашого польового трирічного експерименту і було передбачено дослідження впливу регуляторів росту на густоту рослин буряків цукрових. Відповідні дослідні дані представлені в табл. 1.

1. Вплив регуляторів росту на густоту рослин буряків цукрових

Показники	Роки досліджень												Середнє за три роки			
	2019 рік				2020 рік				2021 рік							
	Варіанти досліду															
	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Кількість сходів, шт./м пог.	5,3	5,3	5,2	5,2	5,0	5,1	5,1	5,0	5,2	5,2	5,3	5,3	5,17	5,2	5,2	5,17
Густота сходів, тис./га	117,8	117,8	115,5	115,5	111,1	113,3	113,3	111,1	115,5	115,5	117,8	117,8	114,9	115,5	115,5	114,9
Кількість рослин перед збиранням, шт./м пог.	3,9	4,7	4,4	4,3	3,7	4,5	4,2	4,1	3,1	4,4	4,1	4,0	3,6	4,5	4,2	4,1
Густота рослин перед збиранням, тис./га	86,7	104,4	97,8	95,6	82,2	100,0	93,3	91,1	68,9	97,8	91,1	88,9	80,0	100,0	93,3	91,1
Зменшилася кількість рослин, %	26,4	11,4	15,3	17,2	26,0	11,7	17,6	18,0	40,3	15,3	22,7	24,5	30,4	13,4	19,2	20,7

Аналізуючи відповідні дослідні дані, можна відмітити, що кількість сходів культури на дослідних ділянках кожного року була майже однаковою і перебувала в середньому на рівні 5,17–5,2 шт./м пог., що відповідає густоті 114,9–115,5 тис./га і є достатнім для відповідної ґрунтово-кліматичної зони. Те саме підтверджують і досліди Г. А. Кулик, Н. М. Трикіної і В. О. Малаховської (2022) та Л. М. Олекшій (2012, 2013) [3, 7, 8].

Застосування регуляторів росту рослин Текамін Макс, Вертекс та Домінант певною мірою вплинуло на різні біохімічні та фізіологічні процеси рослин культури, що відобразилося на показниках густоти рослин. Останні на деяких варіантах стали більш стресостійкішими, краще протистояли несприятливим чинникам зовнішнього середовища.

Саме це і довів облік густоти перед збиранням врожаю. У цей час найбільше рослин культури виявилось в середньому за три роки на варіанті 2, де застосовували регулятор росту Текамін Макс. На його ділянках перед збиранням коренеплодів на кожному погонному метрі нараховували 4,5 рослин, що відповідає густоті 100 тис./га. Позакореневе внесення Вертексу в дозі 0,5 л/га сприяло формуванню густоти рослин буряків цукрових у середньому на рівні 93,3 тис./га, що відповідає 4,2 шт./м пог. Щодо варіанту 4 із Домінантом (40 мл/га), то на його ділянках густота рослин за роки експерименту виявилася найнижчою серед варіантів із регуляторами росту – 91,1 тис./га, тобто 4,1 шт./м пог. Контрольний варіант, на ділянках якого не вносили жодні рістстимулюючі препарати, показав середню густоту рослин буряків перед збиранням урожаю на рівні 80 тис./га (3,6 рослини культури на 1 м рядка).

Застосування досліджуваних регуляторів росту, як доводять результати наших трирічних досліджень, позитивно вплинуло і на збереження рослин культури упродовж усього періоду вегетації. Позакореневе внесення відповідних препаратів певним чином посилило стійкість рослин буряків цукрових щодо впливу на них несприятливих факторів зовнішнього середовища (нестача вологи, ураження хворобами тощо). Саме тому за три роки на ділянках досліджуваних варіантів частка зменшення кількості рослин буряків упродовж вегетації виявилася у 1,5–2,2 раза нижчою, ніж на контролі. Найкраще спрацював у цьому відношенні регулятор росту Текамін Макс, який застосовували дозою 1 л/га. На ділянках відповідного варіанту протягом вегетації зменшилася кількість рослин у середньому за три роки на 13,4 % проти 30,4 % на контролі. Варіант 3, де застосовували Вертекс у дозі 0,5 л/га, посів у цьому відношенні проміжне положення – 19,2 %. Щодо варіанту 4, то тут частка зменшення густоти рослин культури упродовж вегетаційного періоду склала 20,7 %. Очевидно, що фізіологічно активні речовини, які входять до складу Домінанта, не змогли допомогти повною мірою слабким біотипам буряків протистояти негативному впливу факторів зовнішнього середовища упродовж вегетації.

Як свідчать результати досліджень численних науковців, зокрема Ivanina, V. V., Shapovalenko, R. M., & Dubovyi, Y. P. (2019), а також Ishchenko, V. A. (2021), застосування регуляторів росту позитивно вплинуло на інтенсивність наростання площі листкової поверхні сільськогосподарських культур, зокрема і буряків цукрових [19, 20]. Позитивну динаміку листкової поверхні рослин цукровмісної культури від позакореневого внесення регуляторів росту показали і наші досліди (рис. 1).

За наведеними даними наших трирічних досліджень регулятори росту мають певний вплив на площу листкової поверхні рослин культури. Перед внесенням регуляторів росту площа листкової поверхні кожної рослини буряків цукрових на всіх дослідних ділянках була майже однаковою і становила від 26,8 до 27,1 дм^2. Уже через 20 днів після позакореневого внесення досліджуваних препаратів намітилася чітка тенденція до збільшення асиміляційної поверхні рослин культури.

Найбільшу площу листків з однієї рослини в середньому за три роки спостерігали в цей період у рослин буряків на варіанті 2–40,1 дм^2 , що значно перевищило контроль (35,5 дм^2). Дещо меншою, ніж у лідера, площа листків була цього разу на варіанті із Вертексом – 37,5 дм^2. Менш за все на площу листків цього разу вплинуло позакореневе внесення Домінанта. Саме на ділянках із позакореневим внесенням цього препарату рослини буряків цукрових на час відповідного обліку мали площу листкової поверхні на рівні 37 дм^2.

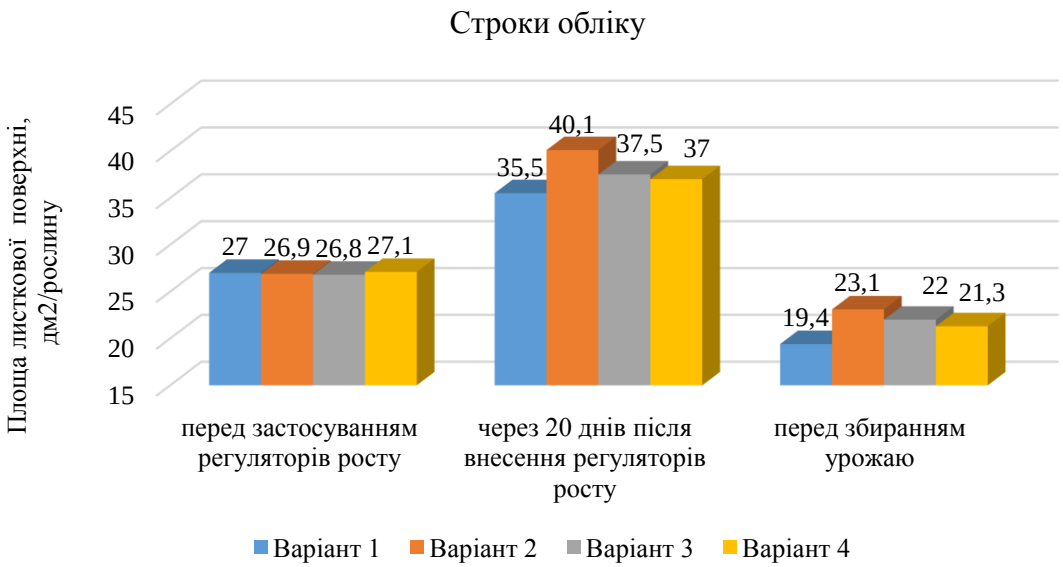


Рис. 1. Динаміка площі листкової поверхні буряків цукрових залежно від застосування регуляторів росту (середнє за 2019-2021 рр.), дм^2

До часу збирання врожаю, коли і проводили третій облік площі листкової поверхні, відповідна тенденція щодо цього показника на досліджуваних ділянках, незважаючи на її певне зменшення, утримувалася на такому ж рівні. Тобто максимальною вона виявилася на варіанті 2, і становила 23,1 дм^2, а мінімальною вона була на контролі – 19,4 дм^2. Рослини буряків варіантів 3 і 4 мали цього разу площу листків на рівні 22 і 21,3 дм^2 відповідно, що виявилося меншим за варіант із Текамін Макс і більшим за контроль.

Дослідження площі листкової поверхні залежно від позакореневого внесення різних регуляторів росту є важливим і необхідним. Адже саме у листках рослин сільськогосподарських культур, в тому числі і в буряках цукрових, в результаті фотосинтезу формуються різні пластичні речовини, зокрема і вуглеводи, одним із яких є цукроза. Тому прослідковується чіткий взаємозв'язок між площею листкової поверхні рослин буряків цукрових і їх продуктивністю та технологічними якостями коренеплодів. Тобто, чим більш розвинутий листковий апарат на початку і всередині вегетації, тим, імовірно, буде вищою продуктивність відповідної культури. Це підтверджують також результати досліджень вітчизняних науковців [4, 12, 18].

Результати трирічних обліків урожайності, цукристості коренеплодів та збору цукру залежно від позакореневого внесення різних регуляторів росту наведені в табл. 2.

2. Продуктивність буряків цукрових залежно від застосування регуляторів росту (середнє за 2019–2021 рр.)

Варіанти досліду	Урожайність, т/га	Цукристість, %	Збір цукру, т/га
1. Без регуляторів росту (контроль)	37,5	17,2	6,45
2. Текамін Макс, 1 л/га	46,3	18,0	8,33
3. Вертекс, 0,5 л/га	43,7	17,8	7,78
4. Домінант, 40 мл/га	42,5	17,7	7,48
$НІР_{05}$	2,1-2,8	0,27-0,34	0,29-0,52

Аналізуючи показник урожайності коренеплодів, варто зазначити, що позакореневе внесення регуляторів росту довело доцільність їх застосування на посівах буряків цукрових. Адже на досліджуваних ділянках щороку отримували доказово вищу врожайність культури, ніж на контролі. Найкраще проявив себе регулятор росту Текамін Макс, на ділянках якого в середньому за три роки мали урожайність коренеплодів на рівні 46,3 т/га, що на 8,8 т/га перевищило контроль.

На ділянках варіанту 3, де вносили Вертекс дозою 0,5 л/га, отримали середню трирічну врожайність коренеплодів на рівні 43,7 т/га. Ще меншою мірою проявив себе варіант із позакореневим внесенням Домінанта дозою 40 мл/га. Рослини буряків на ділянках відповідного варіанту сформували середню врожайність коренеплодів на рівні 42,5 т/га.

Головним показником технологічних якостей коренеплодів буряків цукрових є їх цукристість. Дані нашого трирічного експерименту показали, що застосовувані регулятори росту сприяють збільшенню цукронакопичення рослинами буряків цукрових. Найбільшим вміст цукру в коренеплодах виявився на варіанті 2, де вносили позакоренево регулятор росту Текамін Макс дозою 1 л/га. Саме тут коренеплоди культури містили в середньому 18 % цукру. Варіант із Вертексом, який вносили дозою 0,5 л/га, мав щороку коренеплоди із дещо меншим вмістом у них цукру. У середньому за три роки цукристість на цьому варіанті була на рівні 17,8 %. На контролі цукристість коренеплодів була кожного року найменшою і становила в середньому 17,2 %. Варіант із Домінантом показав середній трирічний вміст цукру в коренеплодах на рівні 17,7 %, що виявилося на 0,5 % більшим за контроль.

Збір цукру вважається головним показником бурякоцукрового виробництва, за яким оцінюють ефективність вирощування цього чи цього сорту чи гібрида, доцільність застосування того чи того агрозаходу, внесення тих чи тих добрив, застосування регуляторів росту тощо.

Застосування позакоренево досліджуваних регуляторів росту позитивно вплинуло на величину відповідного показника. Хоча дія досліджуваних регуляторів росту, як виявилось, є неоднаковою на збір цукру. Проведення математичної обробки цих досліджень показало, що саме на варіанті 2 отримали доказово вищий за всі роки досліду збір цукру, ніж на інших варіантах, – 8,33 т/га. Варіант із позакореневим внесенням регулятора росту Вертекс дозою 0,5 л/га за відповідним показником зайняв проміжне положення між варіантом із Текаміном Максом і Домінантом, показавши збір цукру на рівні 7,78 т/га. На варіанті 4, де вносили позакоренево регулятор росту Домінант дозою 40 мл/га, отримали середній трирічний збір цукру на рівні 7,48 т/га, що перевершило контроль на 1,03 т/га.

Отже, проведені трирічні дослідження щодо ефективності позакореневого застосування регуляторів росту Вертекс, Текамін Макс та Домінант на посівах буряків цукрових вказують на позитивний вплив відповідних препаратів на продуктивність та технологічні якості відповідної культури. Впливаючи за допомогою фізіологічно активних речовин на різні біохімічні, фізіологічні та ростові процеси рослин, активізуючи діяльність їх ферментативного комплексу, можна за порівняно невеликих фінансових затрат досягти суттєвого зростання врожайності коренеплодів буряків цукрових та покращити їхні технологічні якості. Варто зазначити, що результати нашого експерименту, зокрема щодо натуральної величини продуктивних характеристик буряків цукрових за умови позакореневого внесення регуляторів росту, певним чином узгоджуються із дослідженнями таких науковців, як Г. А. Кулик, Н. М. Трикіна, В. О. Малаховська (2022), М. В. Макрушин (2003), В. М. Смірних, М. В. Тищенко, В. В. Ляшенко, М. М. Нікітін (2000) [4, 5, 10]. Хоча зазначимо, що дані досліджень одних науковців характеризують продуктивність буряків цукрових за обробки регуляторами росту лише насіння. Інші ж дослідники вважають за необхідне висвітлити вплив регуляторів росту, які застосовують для обробки і посівного матеріалу, і вегетуючих рослин. Дехто із науковців наводить ґрунтовну оцінку продуктивності буряків цукрових за умови позакореневого внесення інших рістстимулюючих препаратів. Але саме результати наших дослідів, що були виконані в умовах зони недостатнього зволоження, дали можливість висвітлити ефективність позакореневого внесення на посівах буряків цукрових таких регуляторів росту, як Текамін Макс, Вертекс і Домінант.

Висновки.

Застосування регуляторів росту Вертекс, Текамін Макс і Домінант на посівах буряків цукрових показало стабілізаційний вплив на показники густоти рослин культури. На всіх досліджуваних варіантах кількість рослин перед збиранням урожаю в середньому за три роки була оптимальною для відповідної ґрунтово-кліматичної зони – 100 тис./га (Текамін Макс, 1 л/га), 93,3 тис./га (Вертекс, 0,5 л/га) і 91,1 тис./га (Домінант, 40 мл/га).

Позакореневе внесення досліджуваних регуляторів росту має позитивний вплив на площу листкової поверхні рослин буряків цукрових. Краще проявив себе щодо цього регулятор росту Текамін Макс, який вносили дозою 1 л/га. На ділянках відповідного варіанту після внесення цього

препарату площа листків кожної рослини культури була найбільшою серед усіх досліджуваних варіантів.

Оптимальне співвідношення різних біологічно-активних речовин, що входять до складу відповідних регуляторів росту, а також вдало підібрані дози їх застосування сприяли активізації фотосинтетичної діяльності рослин культури, в результаті чого на досліджуваних варіантах отримали доказово вищі врожайність, цукристість коренеплодів та збір цукру. Найбільшими відповідні показники виявилися на варіанті 2, де позакоренево вносили регулятор росту Текамін Макс дозою 1 л/га, – 46,3 т/га, 18 % і 8,33 т/га відповідно.

Перспективи подальшої роботи в цьому напрямі. Отримані результати досліджень підтвердили ефективність і доцільність позакореневого внесення на посівах буряків цукрових регуляторів росту Текамін Макс, Вертекс і Домінант. Дослідження щодо застосування цих та інших регуляторів росту різними дозами і комбінаціями будуть вивчатися надалі за умови вирощування культури в зонах нестійкого та недостатнього зволоження.

References

1. Anishyn, L. O. (2012). Rehuliatory rostu roslyn: sumnivy i fakty. *Propozytsiia*, 5, 64–65. [In Ukrainian].
2. Zasukha, T. V. (2001). Vitchyzniani rehuliatory rostu roslyn – tse nadiino. *Propozytsiia*, 3, 76. [In Ukrainian].
3. Klishchenko, S. V., & Manko, O. A. (2013). Suchasni yevropeiski tendentsii v tekhnolohiiakh vyroshchuvannia tsukrovoho buriaku ta yikh perspektyvy v Ukraini. *Ahronom*, 2, 122–126. [In Ukrainian].
4. Kulyk, H. A., Trykina, N. M., & Malakhovska, V. O. (2022). Formuvannia produktyvnosti tsukrovykh buriakiv pry zastosuvanni rehuliatora rostu Biolan v Tsentralnii Ukraini. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1, 55–61. doi: 10.31210/visnyk2022.01.06. [In Ukrainian].
5. Makrushyn, M. V. (2003). Rehuliatory rostu – vazhlyvyi rezerv pidvyshchennia vrozhainosti. *Propozytsiia*, 2, 71–73. [In Ukrainian].
6. Roik, M. V., Hizbullin, N. H., Sinchenko, V. M., & Prysiazhniuk, O. I. (2014). *Metodyka provedennia doslidzhen u buriakivnytstvi*. Kyiv: FOP Korzun D. I. [In Ukrainian].
7. Olekshii, L. M. (2013). Efektyvnist obrobky nasinnia tsukrovykh buriakiv ristrehuliuiuchymy preparatamy. *Tsukrovi Buriaky*, 1, 19–21. [In Ukrainian].
8. Olekshii, L. M. (2012). Rehuliatory rostu v intensyvnii tekhnolohii vyroshchuvannia tsukrovykh buriakiv. *Zbirnyk Naukovykh Prats Instytutu Bioenerhetychnykh Kultur i Tsukrovykh Buriakiv*, 14, 306–309. [In Ukrainian].
9. Roik, M. V., Pyrkin, V. I., & Sinchenko, V. M. (2011). Formuvannia stratehii rozvytku buriakotsukrovoho vyrobnytstva. *Tsukrovi Buriaky*, 5, 4–7. [In Ukrainian].
10. Smirnykh, V. M., Tyshchenko, M. V., Filonenko, S. V., Liashenko, V. V., & Nikitin, M. M. (2018). Rehuliator rostu roslyn «Hreinaktyv-S» pokrashchuie nasinnia tsukrovykh buriakiv. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 3, 50–55. doi: 10.31210/visnyk2018.03.08 [In Ukrainian].
11. Tyshchenko, M. V., & Filonenko, S. V. (2019). Vplyv systemy udobrennia tsukrovykh buriakiv na produktyvnist korotkorotatsiinoi plodozminnoi sivozminy. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 3, 11–17. doi: 10.31210/visnyk2019.03.01. [In Ukrainian].
12. Filonenko, S. V. (2013). Produktyvnist i tekhnolohichni yakosti koreneplodiv buriaka tsukrovoho zalezhno vid pozakorenevoho vnesennia rehuliatora rostu Mars-1. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 14–19. [In Ukrainian].
13. Filonenko, S. V., Polianskyi, V. V., & Borovyk, I. V. (2020). Analiz produktyvnosti ta tekhnolohichnykh yakostei koreneplodiv buriakiv tsukrovykh za pozakorenevoho vnesennia rehuliatoriv rostu. *Aktualni pytannia ta problematyka u tekhnolohiiakh vyroshchuvannia produktsii roslynnytstva : zbirnyk materialiv IKh naukovo-praktychnoi internet-konferentsii, m. Poltava, 27 lyst. 2020 r.* Poltava. [In Ukrainian].
14. Tsvei, Ya. P., Tyshchenko, M. V., Filonenko, S. V., & Liashenko, V. V. (2018). Urazhennia tsukrovykh buriakiv tserkosporozom u korotkorotatsiinii plodozminnii sivozmini za riznykh doz dobryv pid kulturu. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 2, 35–39. doi: 10.31210/visnyk2018.02.05 [In Ukrainian].

15. Tsvei, Ya. P., Tyshchenko, M. V., Filonenko, S. V., & Liashenko, V. V. (2018). Formuvannia pozhyvnoho rezhymu gruntu v poli tsukrovykh buriakiv zalezhno vid yikh udobrennia v korotkorotatsiinii plodozminnii sivozmini. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 43–50. Doi: 10.31210/visnyk2018.04.06 [In Ukrainian].

16. Cheremkha, B. M. (2001). Osoblyvosti zastosuvannia rehuliatoriv rostu roslyn ta yikh efektyvnist. *Propozytsiia*, 2, 62–63. [In Ukrainian].

17. Shchotkin, V. (2008). Tsukrovi buriaky sohodni y zavtra. *Propozytsiia*, 6, 50–53. [In Ukrainian].

18. Götze, P., Rücknagel, J., Wensch-Dorendorf, M., Märländer, B., & Christen, O. (2017). Crop rotation effects on yield, technological quality and yield stability of sugar beet after 45 trial years. *European Journal of Agronomy*, 82, 50–59. doi: 10.1016/j.eja. 2016.10.003

19. Hanhur, V. V., Kocherha, A. A., Pypko, O. S., Yeshchenko, V. M., Kabak, Y. I., & Onopriienko, O. V. (2020). Efficiency of stimulators for pre-sowing treatment of winter wheat seeds. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 40–45. doi: 10.31210/visnyk2020.03.04

20. Ishchenko, V. A. (2021). Effect of applying growth regulators on yield and formation of productivity elements of spring barley plants in the conditions of the Steppe zone of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 81–85. doi: 10.31210/visnyk2021.02.10

21. Ivanina, V. V., Shapovalenko, R. M., & Dubovyi, Y. P. (2019). Growth regulators to increase sugar beet productivity. *Advanced Agritechnologies*, 7, 7–17. doi: 10.47414/na.7.2019.204810

22. Jacobs, A., Koch, H.-J., & Märländer, B. (2017). Preceding crops influence agronomic efficiency in sugar beet cultivation. *Agronomy for Sustainable Development*, 38 (1). doi:10.1007/s13593-017-0469-z

23. Kulyk, H. A., Reznichenko, V. P., Trykina, N. M., & Malakhovska, V. O. (2020). Effectiveness of applying growth regulators at sugar beet cultivation in the Central Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 43–49. doi: 10.31210/visnyk2020.02.05

24. Marenych, M. M., Hanhur, V. V., Popova, K. M., Liashenko, V. V., & Kabak, Y. I. (2020). Efficacy of humic stimulants in pre-sowing treatment of cereal seeds. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 70–78. doi: 10.31210/visnyk2020.03.08

25. Martyniuk, A. (2020). Soil nutrient regime and sugar beet yield after long-term application of fertilizers in crop rotation. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*, 1, 42–46. doi: 10.31395/2310-0478-2020-1-42-46

26. Torlina, O. (2016). Influence of short crop rotations and fertilizer system on weed infestation of crops of sugar beet. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 94, 68–71. doi: 10.31073/agrovisnyk201606-14

27. Tsvej, Ja., Torlina O., & Voroniuk, N. (2016). Agrochemical indexes of black earth depending on fertilizer system of sugar beet and links of crop rotations. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 94, 23–26. doi: 10.31073/agrovisnyk201601-04

Стаття надійшла до редакції: 28.03.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Філоненко С. В., Тищенко М. В., Райда В. В. Ефективність позакореневого внесення регуляторів росту на посівах буряків цукрових. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 66–74.

© Філоненко Сергій Васильович, Тищенко Микола Володимирович, Райда Владислав Васильович, 2022

Agriculture. Plant growing
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 633.179:631.559 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.08**

EVALUATION OF SWITCHGRASS VARIETIES BY BIOMASS YIELD

I. Rozhko* ORCID 0000-0002-0646-4004
M. Kulyk ORCID 0000-0003-0241-6408

Poltava State Agrarian University, 1/3 Skovorody Str., Poltava, 36003, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: ilona.rozhko1@ukr.net

How to Cite: *Rozhko, I., & Kulyk, M. (2022). Evaluation of switchgrass varieties by biomass yield. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 75–84. doi: 10.31210/visnyk2022.02.08*

Today, scientists are forced to pay more and more attention to alternative energy sources. Reducing energy dependence and sustainable development of bioenergy in Ukraine is an urgent issue. With the presence of significant areas of marginal land, proven cultivation technologies, and varieties of energy crops, it is possible to achieve the outlined goals. In addition, the formation of biomass yield and the potential of introduced switchgrass varieties have not been sufficiently studied. This article is an attempt to solve this problem based on many years of research on eleven foreign varieties of switchgrass. The research aimed to single out the best varieties of switchgrass based on economic and valuable characteristics as source material for breeding for productivity. The research methodology met the requirements of research in agronomy. General scientific, special methods of conducting the experiment, and scientific recommendations were applied. One-factor dispersion and correlation analyzes were used to interpret the obtained data. The results of the research made it possible to single out the varieties of switchgrass, which have the greatest value in terms of quantitative indicators (height and stem density). Compared to the standard variety (Cave-in-Rock), the tallest plants are formed in the Kanlow variety with the dynamics of increasing this indicator over the growing years of 256.7–298.9 cm, on average – 275.8 cm. The average value of this indicator has the following varieties: Pathfinder (241.4 cm), Shelter (240.8 cm); Cartridge, and Sunburst are almost at the same level. Dakota variety had the lowest stem height (160.4 cm). According to stem density, varieties of rod-like millet Pathfinder (539.2 pcs/m^2), Blackwell (514.4 pcs/m^2) and Shelter (513.7 pcs/m^2) were distinguished, at the standard level – Kartraj variety (506.9 pcs/m^2). This indicator was the lowest in the Nebraska variety (459.1 pcs/m^2). The highest yield of above-ground green mass, which was at the standard level, was provided by the Pathfinder and Kartrage varieties of switchgrass – 24.2 and 23.6 t/ha. A significant relationship between stem density and biomass yield was established for all studied varieties of switchgrass. A close correlation between stem height and biomass yield was found for the varieties Cartrage, Blackwell, Pathfinder, Shelter, Sunburst, Kanlow, and Alamo. The unequivocal influence of both of these indicators on yield was established for the varieties Cartrage, Blackwell, Pathfinder, Shelter, Sunburst, Kanlow, and Alamo. So, Pathfinder and Shelter were singled out among the foreign varieties of switchgrass based on a complex of economic and valuable traits, which are the valuable raw material for selection for productivity.

Key words: *energy crops, switchgrass, quantitative indicators of plants, biomass, yield, correlation.*

ОЦІНКА СОРТІВ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО ЗА ВРОЖАЙНІСТЮ БІОМАСИ

І. І. Рожко, М. І. Кулик
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Сьогоденні реалії змушують науковців все більше уваги приділяти альтернативним джерелам енергії., оскільки необхідність зниження енергетичної залежності та сталого розвитку біоенергетики в Україні є питаннями на часі. Маючи значні площі маргінальних земель, відпрацьовані

технології вирощування та сорти енергетичних культур, можна досягти окреслених цілей. Також не повністю вивчено особливості формування врожайності біомаси та потенціал інтродукованих сортів проса прутоподібного. Тому ми здійснили спробу вирішити цю проблему на основі багаторічних досліджень з вивчення одинадцяти сортів проса прутоподібного іноземного походження. Метою наших досліджень було виокремити за господарсько-цінними ознаками найкращі сорти проса прутоподібного як вихідного матеріалу для селекції на продуктивність. Методика проведення досліджень відповідала вимогам дослідної справи в агрономії. Застосовували загальнонаукові, спеціальні методи проведення експерименту та наукові рекомендації. Для інтерпретації отриманих даних були застосовані однофакторний дисперсійний та кореляційні аналізи. Результати досліджень дали змогу виокремити за кількісними показниками рослин (висотою та густотою стеблостою) з-поміж досліджуваних сортів проса прутоподібного саме ті, що мають найбільші значення. Найвищі рослини порівняно із сортом-стандартом (Кейв-ін-рок) формуються у сорту Канлоу із динамікою збільшення цього показника по вегетаційним рокам 256,7–298,9 см, в середньому –275,8 см. Середнє значення за цим показником мають сорти: Патфіндер (241,4 см), Шелтер (240,8 см); майже на однаковому рівні – Картрадж і Санберст. Найнижчою висота стеблостою була у сорту Дакота (160,4 см). За густотою стеблостою виокремлено сорти проса прутоподібного Патфіндер (539,2 шт./м^2), Блеквел (514,4 шт./м^2) і Шелтер (513,7 шт./м^2), на рівні стандарту – сорт Картрадж (506,9 шт./м^2). Найменшим цей показник був у сорту Небраска (459,1 шт./м^2). Найбільшу врожайність надземної зеленої маси, що була на рівні стандарту, забезпечили сорти проса прутоподібного Патфіндер й Картрадж, відповідно 24,2 і 23,6 т/га. Встановлено суттєвий зв'язок між густотою стеблостою та врожайністю біомаси для всіх поставлених на вивчення сортів проса прутоподібного. Тісну кореляцію між висотою стеблостою та врожайністю біомаси виявлено для сортів Картрадж, Блеквелл, Патфіндер, Шелтер, Санберст, Канлоу, Аламо. Однозначний вплив обох цих показників із врожайністю встановлено для сортів Картрадж, Блеквелл, Патфіндер, Шелтер, Санбурст, Канлоу, Аламо. Отже, за комплексом господарсько-цінних ознак з-поміж сортів проса прутоподібного іноземного походження виокремлено Патфіндер і Шелтер, які є цінним вихідним матеріалом для селекції на продуктивність.

Ключові слова: *енергетичні культури, просо прутоподібне, кількісні показники рослин, біомаса, врожайність, кореляція.*

Вступ

Розглядаючи поточну ситуацію в сільськогосподарському секторі у розрізі вирощування енергетичних культур, важливо відмітити основне завдання, що постало перед нашою державою – скорочення споживання імпортного палива та використання власних відновлювальних джерел енергії. Водночас енергетичні культури можуть допомогти у вирішенні екологічних проблем і сприяти розвитку енергоощадних технологій та отримання сталої біомаси.

Активне нарощування промислового виробництва призводить до забруднення навколишнього середовища. Досить шкідливим та небезпечним для живих організмів є забруднення природного середовища токсичними речовинами, важкими металами [1]. Але останніми роками як у світі, так і в Україні зокрема, через подорожчання енергоносіїв усе більше уваги почали приділяти біопаливу, що виробляється з високопродуктивних енергетичних культур, які цінні великим урожаєм і невибагливістю до вирощування. Однією з таких високорентабельних культур є просо прутоподібне (*Panicum virgatum* L.) [2].

Просо прутоподібне (*Panicum virgatum* L.) – унікальна багаторічна злакова енергетична культура, що має універсальне використання. Біомаса цієї культури є найбільш придатною сировиною для виробництва різних видів біопалив: твердого, рідкого та газоподібного. Біопалива, вироблені із рослинної сировини проса прутоподібного, після відповідної енергоконверсії, забезпечують генерування тепла та виробництво електроенергії [3].

Посіви проса прутоподібного за умови багаторічного циклу вирощування на маргінальних землях, здатні поліпшувати структуру та водний баланс ґрунту; використовуються для рекультивації ґрунтів. Рослини цієї культури завдяки щільного фітоценозу та потужній кореневій системі зменшують ерозійні процеси, підтримуючи родючість ґрунтів та біорізноманіття фітоценозів. Окрім цього, відновлення функціональних та екосистемних властивостей забруднених земель на основі фітомередіації здійснюють за допомогою проса прутоподібного [4]. Біомаса культури є джерелом

лігніну і целюлози та цілком придатна для використання у целюлозно-паперовій промисловості. У перспективі просо прутоподібне може бути цінною біосировиною для виробництва біопластику та капсул для ліків. Подрібнена фітомаса *Panicum virgatum* L. використовується у тваринництві: для поліпшення кормової бази тварин (силосування кормів), насіння – у птахівництві [5, 6].

Встановлено, що просо прутоподібне потребує ретельної підготовки поверхні ґрунту: вирівнювання, допосівного і післяпосівного ущільнення, що забезпечує дружність і рівномірність появи сходів, що, своєю чергою, впливає на формування оптимальної густоти рослин для реалізації генетичного потенціалу закладеного у сорту. Крім того, передпосівний обробіток ґрунту повинен сприяти знищенню бур'янів, хвороб і шкідників [7]. Сівбу насіння проса проводять за умови прогрівання ґрунту до температури не менше 10 °С. Найкращим періодом для проростання насіння є досягнення температури ґрунту понад 12°С. Ранню сівбу проса прутоподібного практикують переважно, щоб зменшити ризик втрати накопиченої вологи з ґрунту [8]. Норма висіву проса прутоподібного становить 8–10 кг/га схожого насіння [9].

Українські науковці встановили [10, 11], що багаторічні злаки (світчграс та міскантус) не вибагливі до родючості ґрунту. Лімітуючими факторами за умови вирощування енергокультур є температурний режим та наявність вологи у ґрунті. Особливо ці чинники впливають у період проростання насіння та в початковий період формування кореневої системи проса прутоподібного.

В умовах України урожайність надземної фітомаси проса прутоподібного в період появи волоті становить 42,0–64,0 т/га, в період цвітіння – 42,7–70,2 т/га, сухої маси – 10,0–15,0 т/га; насіння – 500–600 (іноді до 1000) кг/га. Енергопродуктивність рослин – 40–60 (до 80) Гкал/га [12].

Важливим чинником успішного вирощування проса прутоподібного є отримання дружніх сходів. Зважаючи на те, що просо прутоподібне має порівняно дрібне насіння, а маса 1000 шт. сягає до 1,0–2,0 г, також має високий рівень спокою, що пояснюється пристосуванням дикорастучих рослин до можливих несприятливих ґрунтових і погодних умов, тому значна частина насіння від загальної маси перебуває у стані органічного спокою [13, 14]. Це пов'язано із тривалим терміном післязбирального достигання та будовою насінних лусок, які перешкоджають надходженню води до насінини. Тому для підвищення схожості насіння використовують різні способи підвищення цього показника: обробка розчином солей та кислот, скарифікацію, сортування за аеродинамічними властивостями, відбір за питомою масою тощо [15].

Важливим чинником збільшення продуктивності агрофітоценозів є підбір сортів, що формують високу врожайність біомаси. Згідно з дослідженнями вчених визначено, що сорти проса прутоподібного височинного екотипу порівняно з низовинними більш урожайні в посушливих умовах. Це також пов'язують із особливостями сорту, біологічними особливостями культури та морфології рослинного ценозу. Зважаючи на комплексне використання цієї культури та необхідність подальшого впровадження нових альтернативних джерел енергії, залучення їх до практичного використання, постає необхідність вивчити особливості формування врожайності сортів проса прутоподібного за врожайністю фітомаси, що в перспективі дозволить отримувати значний її обсяг.

Метою дослідження є встановлення особливостей формування врожайності фітомаси проса прутоподібного в умовах центрального Лісостепу України та вивчення вихідного матеріалу культури за господарсько-цінними ознаками.

Передбачено виконати такі *завдання* досліду:

1. Вивчити сорти проса прутоподібного іноземної селекції за кількісними показниками рослин і врожайністю біомаси.

2. Встановити кореляцію між кількісними показниками рослин і врожайністю біомаси в розрізі сортів проса прутоподібного.

3. Виокремити найкращі сорти проса прутоподібного іноземної селекції за господарсько-цінними ознаками як вихідний матеріал для селекції.

Матеріал і методика досліджень

Дослідні ділянки закладено відповідно до методики дослідної справи в агрономії з рендомізованим розміщенням варіантів у чотирикратній повторності згідно з методиками [16, 17]. Облікова площа ділянки становила 5 м^2.

За походженням більшість сортів проса прутоподібного, що були залучені до вивчення, походять із Америки, а їхня характеристика наведена в табл. 1

1. Характеристика сортів проса прутоподібного

Сорт		Маса 1000 насінин, г	Оригінатор	Похо-дження	Рік реє-страції
Українська назва	Латинська назва				
Картадж	Carthage	1,48	NRCS Нью-Джерсі, Центр рослинних матеріалів	US**	2006
Блеквелл	Blackwell	1,42	Центр рослинних матеріалів, Служба охорони ґрунтів, Манхеттен, Канзас; Канзаська сільськогосподарська ДС*	US	1944
Патфіндер	Pathfinder	1,87	Небраська сільськогосподарська ДС; USDA-ARS	US	1967
Шелтер	Shelter	1,79	Служба охорони ґрунтів; Корнельський університет; Відділ охорони навколишнього середовища риб та дикої природи Нью-Йорка у Пенсильванії	US	1986
Кейв-ін-рок	Cave-In-Rock	1,66	Центр рослинних матеріалів, Служба охорони ґрунтів, Elsberry, Міссурі;Міссурійська сільсько-господарська ДС	US	1973
Форестбург	Forestburg	1,46	Центр рослинних матеріалів, Служба охорони ґрунтів, Бісмарк, Північна Дакота; USDA-ARS; Північна Дакота, Південна Дакота, штат Міннесота, сільськогосподарська ДС	US	1987
Санбурст	Sunburst	1,98	Південна Дакота, Сільсько-господарська ДС	US	1983
Дакота	Dacotah	1,48	USDA-ARS; Центр рослинних матеріалів, Служба охорони ґрунтів, Бісмарк, Північна Дакота; Північна Дакота та Міннесота, сільськогосподарські ДС	US	1989
Небраска	Nebraska	1,62	Небраська сільськогосподарська дослідна станція; USDA-ARS; Відділ розплідників, Служба охорони ґрунтів	US	1949
Канлоу	Kanlow	0,85	Канзаська сільськогосподарська ДС; Відділ науки про рослини АРС	US	1963
Аламо	Alamo	0,94	Центр рослинних матеріалів, Служба охорони ґрунтів, Нокс-Сіті, Техас; Техаська сільськогосподарська ДС	US	1978

Примітка: * ДС – дослідна станція, ** US – США; Джерело: Інтернет- ресурс [18].

Згідно з наявним поділом за морфологічними ознаками та біологічними особливостями рослин, сортимент проса прутоподібного поділяють за еколого-географічним підходом. Згідно з цим розподілом визначено, що до височинного екотипу відносять сорти проса прутоподібного – Картрадж, Шелтер, Форестбург, Санбурст, Дакота, Кейв-ін-рок, Небраска, Блеквелл, Патфіндер, до низовинного – Канлоу, Аламо. Визначено, що низовинні екотипи менш вологостійкі, рослини формують високі, товсті, грубі стебла, які ростуть кущами. Височинний екологічний тип рослин більш адаптований до сухого клімату, рослини мають тонші стебла, ніж низовинні та більшу їх кількість у кущі [19, 20].

Результати досліджень та їх обговорення

Основні елементи структури врожаю – це густота та висота стеблостою проса прутоподібного, що мають значне варіювання в розрізі досліджуваного сортименту. На ці показники мають вплив як роки

дослідження, так і сортові властивості. Встановлено, що сорти проса прутоподібного різняться також за висотою і товщиною стебла, кількістю і розмірами листків, формою, довжиною і шириною волоті та за рівнем урожайності.

Висота рослин за сортами проса прутоподібного наведена в табл. 2.

2. Висота рослин проса прутоподібного (см), 2014–2018 рр.

Сорт	Роки вегетації			У середньому за роки	+ / - до умовного стандарту
	3-й (2014-2016 рр.)	4-й (2015-2017 рр.)	5-й (2016-2018 рр.)		
Кейв-ін-рок (ум. ст.)	246,3	261,0	273,6	260,3	-
Картрадж	200,2	234,0	256,1	230,1	- 30,2
Блеквелл	197,5	221,3	263,1	227,3	- 33,0
Патфіндер	210,4	245,8	268,0	241,4	- 18,9
Шелтер	209,7	243,9	268,8	240,8	- 19,5
Форестбург	178,3	186,4	191,5	185,4	- 74,9
Санберст	198,3	236,2	256,1	230,2	- 30,1
Дакота	145,6	160,0	175,6	160,4	- 99,9
Небраска	167,3	178,5	210,7	185,5	- 74,8
Канлоу	256,7	271,8	298,9	275,8	+ 15,5
Аламо	189,8	234,8	251,0	225,2	- 35,1
$НІР_{05}$	28,4	40,4	47,0	26,2	-

Значне варіювання висоти стеблостою дало змогу досліджувані сорти проса прутоподібного згрупувати за висотою рослин на низькорослі, середньо- та високорослі (рис. 1).

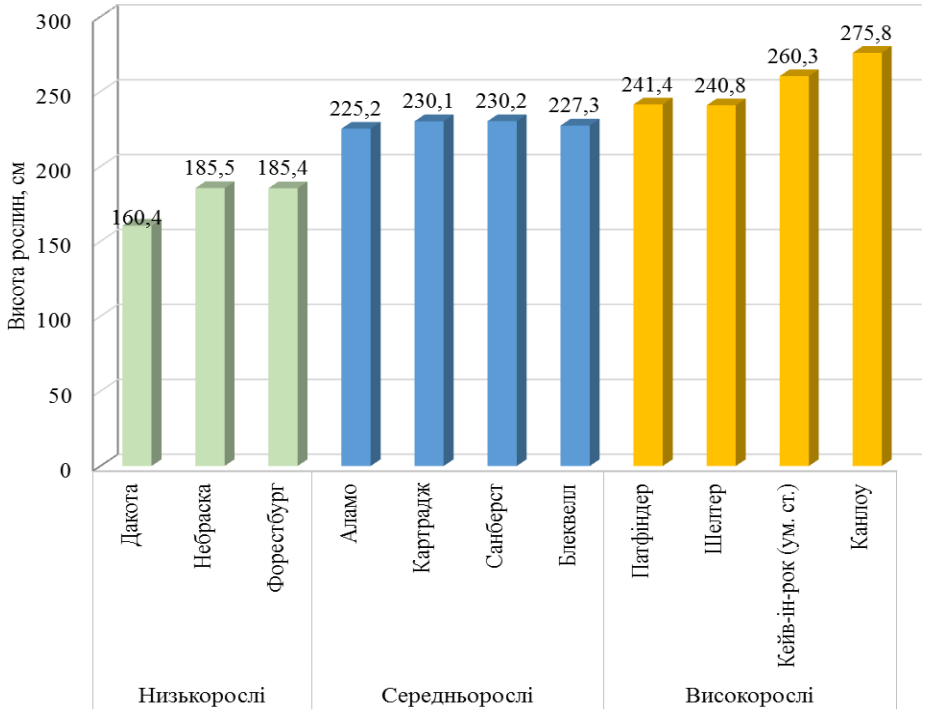


Рис. 1. Висота рослин сортів проса прутоподібного, 2014–2018 рр.

У середньому за три роки з усіх досліджуваних сортів проса прутоподібного найменшу висоту формували Дакота, Небраска та Форестбург (160,4–185,5 см), найбільшу – Патфіндер, Шелтер, Кейв-ін-рок, Канлоу (240,8–275,8 см), середнє значення за цим показником мали Аламо, Картрадж, Санберст, Блеквелл (225,2–230,2 см). За висотою рослин виокремлено сорти проса прутоподібного: Канлоу – 275,8 см та Кейв-ін-рок – 260,3 см, найнижчим виявився сорт Дакота.

Загальна кількість стебел проса прутоподібного за досліджуваними сортами наведена в табл. 3.

3. Загальна кількість стебел проса прутоподібного (шт./м^2), 2014–2018 рр.

Сорт	Роки вегетації			У середньому за роки	+ / - до умовного стандарту
	3-й (2014-2016 рр.)	4-й (2015-2017 рр.)	5-й (2016-2018 рр.)		
Кейв-ін-рок (ум. ст.)	433,0	519,9	579,0	510,6	-
Картрадж	429,9	529,3	561,4	506,9	- 3,7
Блеквелл	442,2	510,0	590,9	514,4	+ 3,8
Патфіндер	489,7	537,5	590,5	539,2	+ 28,6
Шелтер	436,6	522,5	581,9	513,7	+ 3,1
Форестбург	417,1	500,1	540,8	486,0	- 24,6
Санбурст	387,0	509,7	545,4	480,7	- 29,9
Дакота	409,4	507,1	571,1	495,9	- 14,7
Небраска	382,6	441,3	553,5	459,1	- 51,5
Канлоу	397,8	443,5	548,0	463,1	- 47,5
Аламо	436,7	473,4	511,5	473,9	- 36,7
$НІР_{05}$	10,9	7,1	5,2	13,5	-

В умовах третього року вегетації сорти Блеквел і Патфіндер формували значну кількість стебел – на рівні 442,2 і 489,7 шт./м^2 зі збільшенням густоти стебел у наступні роки дослідження. Найменшу густоту стеблостою мали сорти Санбурст і Небраска й Канлоу. На четвертий вегетаційний рік спостерігали таку ж тенденцію за густотою рослин, але із динамікою збільшення цього показника у сорту Блеквел, Шелтер й Патфіндер до 510,0–537,5 шт./м^2. На п'ятий рік вегетації більше 550,0 шт./м^2 стебел забезпечили сорти Картрадж, Блеквелл, Патфіндер, Шелтер, інші – формували суттєво меншу густоту стебел.

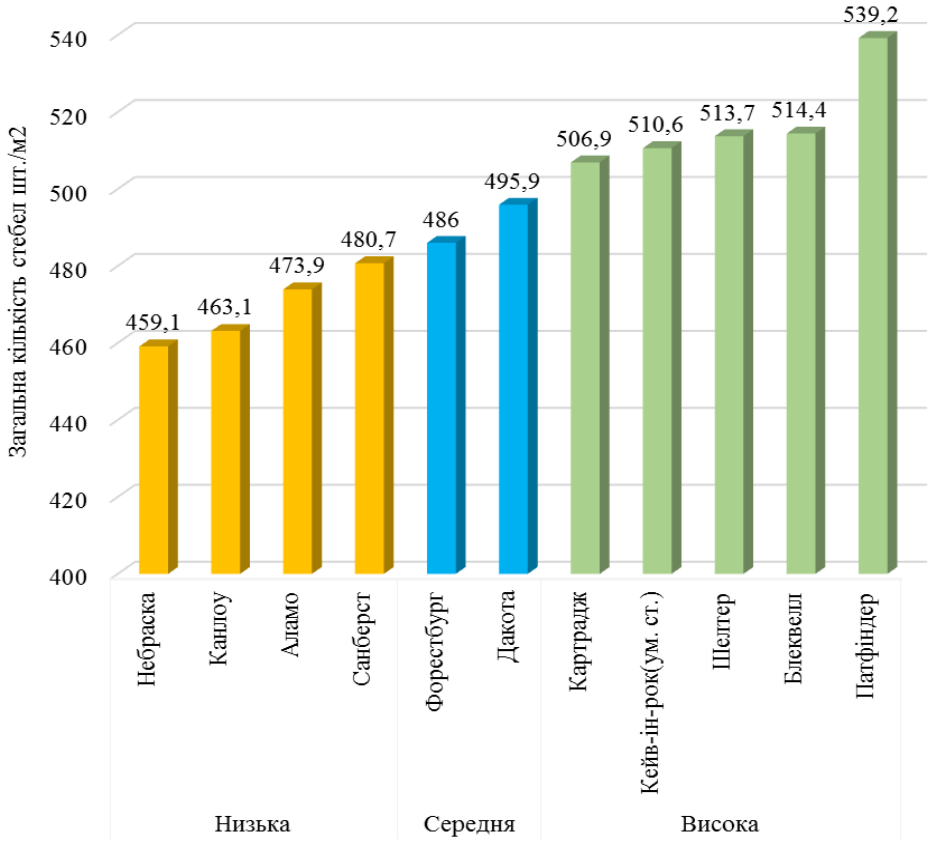


Рис. 2. Кількість стебел на 1 м^2 сортів проса прутоподібного, 2014–2018 рр.

Встановлено, що високий показник за кількістю стебел порівняно із сортом-стандартом Кейв-ін-рок забезпечують сорти проса прутоподібного Патфіндер, Картрадж, Блеквелл, Шелтер, а найменший – Небраска, Канлоу, Аламо та Санбурст. Інші сорти за цим показником мали середнє значення. Кількісні

показники рослин досліджуваного сортименту проса прутоподібного мали вплив і на врожайність біомаси. Виявлено високе міжсортове варіювання врожайності біомаси проса прутоподібного, що дозволило виокремити форми з високою генетично обумовленою врожайністю та стабільним її проявом (табл. 4).

4. Урожайність сирої біомаси проса прутоподібного (т/га), 2014–2018 рр.

Сорт	Роки вегетації			У середньому за роки	+ / - до умовного стандарту
	3-й (2014-2016 рр.)	4-й (2015-2017 рр.)	5-й (2016-2018 рр.)		
Кейв-ін-рок (ум. ст.)	18,2	24,2	29,9	24,1	-
Картрадж	17,5	25,3	28,0	23,6	- 0,5
Блеквелл	16,9	23,8	28,0	22,9	- 1,2
Патфіндер	19,7	24,3	28,6	24,2	+ 0,1
Шелтер	16,1	22,8	28,3	22,4	- 1,7
Форестбург	13,6	17,7	23,9	18,4	- 5,7
Санбурст	11,8	17,4	20,6	16,6	- 7,5
Дакота	10,9	16,6	27,7	18,4	- 5,7
Небраска	11,1	16,3	27,8	18,4	- 5,7
Канлоу	10,2	14,8	17,3	14,1	- 10,0
Аламо	17,7	21,6	28,2	22,5	- 1,6
$НІР_{05, т/га}$	2,2	1,9	1,3	4,1	-

Мінливість урожайності сортів проса прутоподібного за роки проведення експерименту варіювала у досить широких межах – від 10,2 до 28,6 т/га. При цьому встановлено тенденцію до збільшення врожаю біомаси із кожним наступним роком. У середньому за роки найбільшу врожайність формували високорослі екотипи порівняно з низовинними. Відносно із умовним стандартом суттєво більшу врожайність біомаси формував сорт: Патфіндер. Сорти Картрадж, Блеквелл. Аламо, Шелтер – мали середнє значення за цим показником порівняно з умовним стандартом та іншими досліджуваними сортами. Значно меншу врожайність біомаси сформував сорт Канлоу.

У середньому за роки дослідження за врожайністю біомаси відмічене значне варіювання – від 14,1 до 24,2 т/га (рис. 3).

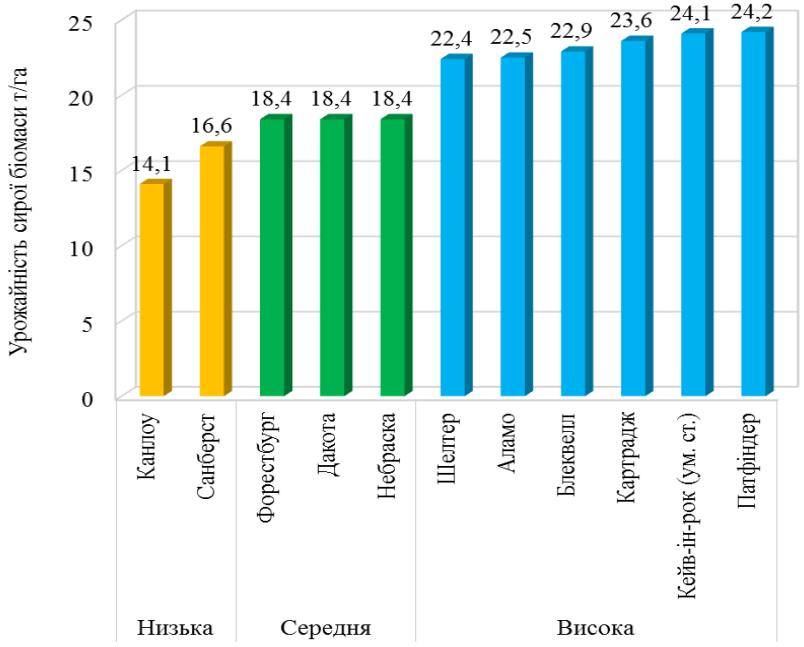


Рис. 3. Урожайність сирої біомаси сортів проса прутоподібного, (т/га), 2014–2018 рр.

Урожайність біомаси у сортів Картрадж, Патфіндер, Кейв-ін-рок була найвищою – на рівні 24,0 т/га. Найнижчий показник був у сорту Канлоу – 14,1 т/га, а от середню врожайність біомаси

формували сорти Форестбург, Дакота, Небраска, причому їхні показники суттєво не відрізнялися між собою. Отже, можемо стверджувати, що серед досліджуваних сортів формували кращу урожайність біомаси в умовах Лісостепу України Кейв-ін-рок та Патфіндер, Санберст.

Зв'язки між кількісними показниками рослин і врожайністю біомаси наведено в таблиці 5.

5. Коефіцієнти кореляції між кількісними показниками рослин та врожайністю біомаси сортів проса прутоподібного, 2014–2018 рр.

Показники рослин	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ВР : КС	0,65	0,83	0,87	0,82	0,80	0,30	0,56	0,76	0,68	0,87	0,88
ВР : УБ	0,54	0,75	0,77	0,79	0,78	*0,32*	0,51	0,79	0,65	0,77	*0,84*
КС : УБ	0,96	0,97	0,95	0,97	0,99	0,94	0,95	0,99	0,98	0,91	0,98

Примітки: ВР – висота рослин, КС – кількість стебел, УБ – урожайність біомаси; 1 – Кейв-ін-рок, 2 – Картрадж, 3 – Блеквелл, 4 – Патфіндер, 5 – Шелтер, 6 – Форестбург, 7 – Дакота, 8 – Санбурст, 9 – Небраска, 10 – Канлоу, 11 –Аламо.

Згідно з кореляційно-регресійним аналізом визначено, що густота стеблостою проса прутоподібного має найбільший вплив на урожайність біомаси ($r > 0,7$), ніж висота стеблостою ($r = 0,32...0,84$). Визначено, що на рівень урожайності біомаси сортів Форестбург, Дакота, Небраска значного впливу не має висота стеблостою. Висота рослин має суттєвий вплив на врожайність біомаси сортів Картрадж, Блеквелл, Патфіндер, Шелтер, Санбурст, Канлоу та Аламо.

Результати наших досліджень щодо врожайності фітомаси сортів проса прутоподібного узгоджуються з даними, що отримали автори [21], згідно з якими виявлено, що сортові особливості поряд з агротехнологічними заходами вирощування проса прутоподібного мають вплив на рівень урожайності біомаси.

Інші науковці, досліджуючи сортимент проса прутоподібного виокремили найбільш урожайні генотипи та встановили молекулярну диференціацію між рівнями плоїдності за допомогою генетичних маркерів [22]. Також автори [23] виокремили сорти Кейв-ін-рок, Шелтер, Картадж, Форесбург, Блеквелл і Патфіндер як вихідний матеріал для селекції за господарсько-цінними ознаками. У попередніх наших дослідженнях визначено вплив елементів структури врожаю на продуктивність сортів зарубіжної та української селекції [24], що підтвердилося в публікаціях інших авторів [25, 26].

Висновки

1. За висотою рослин виокремлено сорти проса прутоподібного: Канлоу – 275,8 см та Кейв-ін-рок – 260,3 см, найнижчим виявився сорт Дакота. За кількістю стебел виокремлені сорти Патфіндер (539,2 шт./м^2), Блеквел (514,4 шт./м^2), Шелтер (513,7 шт./м^2) й Картрадж (506,9 шт./м^2).

2. Встановлено, що врожайність зеленої фітомаси була найбільшою у сортів Картрадж, Патфіндер, Кейв-ін-рок – на рівні 24,1 т/га. Найнижчий показник був у сорту Канлоу.

3. Визначено сильний кореляційний зв'язок між кількістю стебел і врожайністю біомаси для усіх сортів проса прутоподібного, меншою мірою на рівень урожайності біомаси впливає висота рослин для сортів Картрадж, Блеквелл, Патфіндер, Шелтер, Санбурст, Канлоу, Аламо.

4. За господарсько-цінними ознаками виокремлені найкращі сорти проса прутоподібного: Патфіндер, Картадж, Блеквелл і Шелтер, які рекомендовано використовувати як вихідний матеріал для селекції на продуктивність.

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у встановленні вмісту хімічних речовин у фітомасі за сортами проса прутоподібного іноземного походження.

References

1. Kulyk, M. I., Halytska, M. A., Samoilik, M. S., & Zhornyk, I. I (2018) Fitoremediatsiini aspekty vykorystannia enerhetychnykh kultur v umovakh Ukrainy *Ahrolohiia,* 1 (4), 373–381. doi: 10.32819/2617-6106.2018.14020 [In Ukrainian].

2. Humentyk, M. Ya. (2010.) Perspektyvy vyroshchuvannia bahatorichnykh zlakovykh kultur dlia vyrobnytstva biopalyva. *Tsukrovi Buriaky*, 4, 21–22. [In Ukrainian].

3. Vogel, K. P., & Burson, B. L. (2016). Breeding and Genetics. *Warm-Season (C4) Grasses*, 51–94. doi: 10.2134/agronmonogr45.c3

4. Kulyk, M., Kalynychenko, O., Pryshliak, N., & Pryshliak, V. (2020). Efficiency of using biomass from energy crops for sustainable bioenergy development. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 11 (5), 1040–1053. doi: 10.14505//jemt.v11.5(45).02

5. Taranenko, A., Kulyk, M., Galytska, M., & Taranenko, S. (2019) Effect of cultivation technology on switchgrass (*Panicum virgatum* L.) productivity in marginal lands in Ukraine. *Acta Agrobotanica*, 72 (3), 1786. doi: 10.5586/aa.1786

6. Humentyk, M. Ya., Radeiko, B. M., Fuchylo, Ya. D., Sinchenko, V. M, Hanzhenko, O. M., Bondar, V. S., Fursa, A. V., Kvak, V. M., Kharytonov, M. M., & Katelevskyi, V. M. (2018) *Vyroshchuvannia bioenerhetychnykh kultur. Borshchivskyi ahrotekhnichnyi koledzh*: monohrafiia. Kyiv: TOV «TsP «Komprynt» [In Ukrainian].

7. Kulyk, M. I. (2018) Analiz kompleksnoho vplyvu ahrozakhodiv na urozhainist prosa prutopodibnoho v umovakh tsentralnoho Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 3, 74–86. [In Ukrainian].

8. Kurylo, V. L., Humentyk, M. Ya., & Kaskiv, V. V. (2013). Vplyv strokiv sivby ta hlybyny zahortannia nasinnia «Svichhrasu» prosa lozovydnoho na polovu skhozhist v umovakh zakhidnoi chastyny lisostepu Ukrainy. *Naukovi Pratsi IBKiTsB NAAN Ukrainy*, 17, 358–361. [In Ukrainian].

9. Janine, H. G., Wallace, G. P., & Thomas, A. (1997). Seed treatments improve the germination and seedling emergence of Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) *Hort Science: Seed Technology*, 32 (7), 1222–1226.

10. Roik, M. V., Kurylo, V. L., Humentyk, M. Ya., & Hanzhenko O. M. (2013) Fitoenerhetychni kultury. *Ahronom*, 3, 196–199. [In Ukrainian].

11. Rakhmetov, D. B. (2007) Rol novykh kultur u fitoenerhetytsi Ukrainy. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*, 116, 13–20. [In Ukrainian].

12. Kurylo, V. L., Rakhmetov, D. B., & Kulyk, M. I. (2018) Biolohichni osoblyvosti ta potentsial urozhainosti enerhetychnykh kultur rodyny tonkonohovykh v umovakh Ukrainy. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1, 25–32. [In Ukrainian].

13. Seed Smut of Switchgrass. (2003) USDA-NRCS Plant Materials Program. *Manhattan Plant Materials Center Newsletter*, 10 (3).

14. Smith, S. R., Schwer, L., Boyd, H., Keene, T., & Finneseth, C. Prechilling Switchgrass Seed on farm to break Dormancy. Cooperative extension service university of kentucky college of agriculture. *Lexington*, KY, 40546, ID – 199 Retrieved from: http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/id/id199/id199.pdf

15. Doronin, V. A., Kravchenko, Yu. A., Busol, M. V, & Doronin, V. V. (2014). Sposoby pidvyshchennia yakosti nasinnia svitchhrasu. *Bioenerhetyka*, 2, 22–24. [In Ukrainian].

16. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M., Puzik, L. M., Popov, S. I., Muzafarov, N. M., Bukhalo, V. Ya., & Kryshtop, Ye. A (2016). Teoretychni aspekty doslidnoi spravy. In: A. O. Rozhkova (Red.). *Doslidna sprava v ahronomii*: navchalnyi posibnyk. Knyha 1. Kharkiv: Maidan [In Ukrainian].

17. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M., Puzik, L. M., Popov, S. I., Muzafarov, N. M., Bukhalo, V. Ya., & Kryshtop, Ye. A (2016). Statystychna obrobka rezultativ doslidzhen. In: A. O. Rozhkova (Red.). *Doslidna sprava v ahronomii*: navchalnyi posibnyk. Knyha 2. Kharkiv: Maidan [In Ukrainian].

18. Reiestr sortiv roslyn Ukrainy. Kyiv. *Ministerstvo ahrarnoi polityky ta prodovolstva Ukrainy* (2018). Retrieved from: http://sops.gov.ua/reestratsiya-prav/reiestry/reiestr-sortiv-roslyn-ukrainy [In Ukrainian].

19. Pysarenko, P., Kulyk, M., Wolter Elbersen, Kraisvitnii, P., & Rii, O. (2012). *Metodychni rekomendatsii po tekhnolohii vyroshchuvannia enerhetychnykh kultur (svitchhrasu) v umovakh Ukrainy vidpovidno do standartu NTA8080*. Poltava [In Ukrainian].

20. Zhang, Y., Zalapa, J. E., Jakubowski, A. R., Price, D. L., Acharya, A., Wei, Y., Brummer, E. C., Kaeppler, S. M., & Casler, M. D. (2011). Post-glacial evolution of Panicum virgatum: centers of diversity and gene pools revealed by SSR markers and cpDNA sequences. *Genetica*, 139 (7), 933–948. doi: 10.1007/s10709-011-9597-6

21. Dumych, V. V., Zhurba, H. I., & Kurylo, V. L (2013) Dynamika rostu svitchhrasu v hruntovo-klimatychnykh umovakh Polissia Ukrainy. *Naukovi Pratsi Instytutu Bioenerhetychnykh Kultur i Tsukrovykh Buriakiv*, 19, 43–45. [In Ukrainian].

22. Zalapa, J. E., Price, D. L., Kaeppler, S. M., Tobias, C. M., Okada, M., & Casler, M. D. (2011). Hierarchical classification of switchgrass genotypes using SSR and chloroplast sequences: ecotypes,

ploidies, gene pools, and cultivars. *TAG. Theoretical and applied genetics. Theoretische und angewandte Genetik*, 122 (4), 805–817. doi: 10.1007/s00122-010-1488-1

23. Rozhko, I. I., Kulyk, M. I., & Syplyva, N. O. (2021). Adaptyvnist ta minlyvist nasinnievoi produktyvnosti sortozrazkiv prosa prutopodibnoho. *Ahrarni Innovatsii*, 7, 84–91. doi: 10.32848/agrar.innov.2021.7.14 [In Ukrainian].

24. Kulyk, M. I., Rakhmetov, D. B., Rozhko, I. I., & Syplyva, N. O. (2019). The study of the varietal specimens of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) on a complex of useful signs in the Central Forest-Steppe of Ukraine conditions. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15 (4), 354 –364. doi: 10.21498/2518-1017.15.4.2019.188549

25. Gumentyk, M. Y., Chernysky, V. V., Gumentyk, V. M., & Kharytonov, M. M. (2020). Technology for two switchgrass morphotypes growing in the conditions of Ukraine's Forest Steppe zone. *INMATEH Agricultural Engineering*, 61 (2), 71–76. doi: 10.35633/inmateh-61-08

26. Van Esbroeck, G. A., Hussey, M. A., & Sanderson, M. A. (1997). Leaf Appearance Rate and Final Leaf Number of Switchgrass Cultivars. *Crop Science*, 37 (3), 864–870. doi: 10.2135/cropsci1997.0011183x003700030028x

Стаття надійшла до редакції: 02.04.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Рожко І. І., Кулик М. І. Оцінка сортів проса прутоподібного за врожайністю біомаси. *Вісник ПДАА*. 2022. № 2. С. 75–84.

© Рожко Ілона Іванівна, Кулик Максим Іванович, 2022

Agriculture. Plant growing
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 633.852.52:631.559:631.526.32:631.53.04 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.09**

INFLUENCE OF SOWING TIMES ON YIELD OF PEANUT VARIETIES (*ARACHIS HYPOGAEA* L.)

S. Yurchenko* ORCID 0000-0002-5812-3877
S. Shakalii ORCID 0000-0002-4568-1386
A. Bahan ORCID 0000-0001-8851-5081

Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail:yurchenko-svetlana@ukr.net

How to Cite

Yurchenko, S., Shakalii, S., & Bahan, A. (2022). Influence of sowing times on yield of peanut varieties (Arachis hypogaea L.). Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 85–91. doi: 10.31210/visnyk2022.02.09

The cultivation of a rare crop - cultivated peanut (Arachis hypogaea L.) is gaining popularity in Ukraine today. The expansion of the peanut growing zone requires constant improvement of varietal agricultural techniques, which will ensure high yields, improve the quality of oil and processing of vegetable raw materials, and health safety. The sowing period is one of the agricultural techniques that have a significant impact on the formation of peanut yields. In domestic and foreign literature there is no consensus on the timing of sowing when it is advisable to start sowing. The aim of the study was to develop and improve the elements of cultivation technology, in particular the timing of sowing peanut varieties, which increase yields and quality. Field research was conducted during 2020–2021. The object of research was studied according to the scheme of a two-factor experiment. Factor A – peanut varieties Valencia Ukrainian, Stepnyak, Krasnodarets 14. Factor B – options for sowing dates: May 10, May 20, June 1. Quality assessment by weight of 1000 kernels (g) and yield of mature, condensed kernels (%) depending on sowing dates and peanut varietal characteristics was also performed. On the basis of the established regularities of formation of field germination of seeds and passing of the interphase period of sowing-seedlings on June 1 the best variant on terms of sowing was found out. The reaction of the studied peanut cultivars to different sowing dates was determined. It was found that the yield of peanuts by 18.2 % depended on weather conditions, 40.7 % on the variety, 26.6 % on sowing dates, 2.2 % of other factors and 12.3 % was the interaction of AB factors. To increase the yield of peanuts, it is recommended to sow this plant on May 20. At later sowing dates, a decrease in the mass of 1000 nuclei and the yield of mature ones was observed. In the early stages there is a decrease in yield due to adverse development conditions in the initial stages and a decrease in field germination. However, the plants entered the flowering phase earlier, which allowed more fruits to reach maturity before frost. Among the studied varieties, the Valencia Ukrainian variety stood out in terms of yield and size of kernels.

***Key words**: peanuts, sowing dates, variety, field germination, yield, weight of 1000 kernels.*

ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ НА УРОЖАЙНІСТЬ СОРТІВ АРАХІСУ (*ARACHIS HYPOGAEA* L.)

С. О. Юрченко. С. М. Шакалій, А. В. Баган
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

На сьогодні в Україні набирає популярності вирощування малопоширеної культури – арахісу культурного (Arachis hypogaea L.). Розширення зони вирощування арахісу потребує постійного удосконалення сортової агротехніки, що забезпечить отримання високої врожайності, поліпшення

якості олії і переробки рослинної сировини, а також безпеку для здоров'я. Строк сівби є одним із агротехнічних прийомів, що мають значний вплив на формування врожайності арахісу. У вітчизняній та зарубіжній літературі немає єдиної думки щодо строків сівби, за яких доцільно починати сіяти. Метою дослідження було розробити та вдосконалити елементи технології вирощування, зокрема строків сівби сортів арахісу, які би забезпечували підвищення врожайності та якості. Польові дослідження проводили упродовж 2020–2021 рр. Об'єкт досліджень вивчали за схемою двофакторного досліду: фактор А – сорти арахісу Валенсія українська, Степняк, Краснодарець 14; фактор В – варіанти строків сівби: 10 травня, 20 травня, 1 червня. Також була проведена оцінка якості за масою 1000 ядер (г), та виходу зрілих, конденційних ядер (%) залежно від строків сівби та сортових властивостей арахісу. На основі встановлених закономірностей формування польової схожості насіння і проходження міжфазного періоду посів-сходи виявлено кращий варіант по строках сівби – 1 червня. Визначено реакцію досліджуваних сортів арахісу на різні строки сівби насіння. Встановлено, що рівень урожайності арахісу на 18,2 % залежав від погодних умов, на 40,7 % від сорту, на 26,6 % від строків сівби, на 2,2 % від інших факторів та 12,3 % склала взаємодія факторів АВ. Для збільшення урожайності арахісу рекомендовано сівбу проводити 20 травня. При більш пізніх строках сівби відмічено зменшення маси 1000 ядер та вихід дозрілих. При ранніх строках – зменшення урожайності внаслідок впливу несприятливих умов розвитку на початкових етапах та зменшення польової схожості. Проте рослини вступили у фазу цвітіння раніше, що дало змогу більшій кількості плодів досягти зрілості до заморозків. Серед досліджених сортів за урожайністю та крупністю ядер виділявся сорт Валенсія українська.

Ключові слова: *арахіс, строки сівби, сорт, польова схожість, урожайність, маса 1000 ядер.*

Вступ

Зміни клімату певною мірою сприяють тому, що деякі культури втрачають своє значення в агровиробництві, а деякі навпаки – займають більші площі у сівозміні та підвищують обсяги виробництва. Варто відмітити, що в Україні набирає популярності вирощування непритаманної для країни культури – арахісу [1–3].

Для України актуально створення скоростиглих сортів арахісу. У країнах Африки вегетаційний період різних сортів арахісу становить від 110 до 160 днів. Завдяки зусиллям селекціонерів вдалося скоротити вегетаційний період арахісу до 125–130 днів (сорт Жолудь), а потім до 115–120 днів у сорту Краснодарець 13. Але для більшого поширення цієї культури необхідно створити сорти з тривалістю вегетаційного періоду від 100 до 110 днів [4–5].

Для арахісу є сприятливою спекотна сонячна погода, при цьому сума активних температур повинна складати 2600–3500 °С. Найбільше рослини арахісу потребують тепла в період цвітінні – плодоутворення. Якщо в цей період температура нижче 12 °С, то плоди призупиняють свій розвиток. Оптимальна температура на рівні 23–25 °С [7–9].

Строк сівби є одним із агротехнічних прийомів, що мають значний вплив на формування врожайності арахісу. У вітчизняній та зарубіжній літературі немає єдиної думки щодо строків сівби, за яких доцільно починати сіяти. Деякі автори надають перевагу більш пізнім строкам сівби, які настають при температурі ґрунту 12–14 ºС на глибині загортання насіння. Інші науковці дійшли висновку, що переваги ранніх строків сівби порівняно з пізніми полягають у можливості більш продуктивного використання рослинами ґрунтової вологи. При цьому достигання проходять за сприятливих умов [10].

Вибір строку сівби – завжди складне питання. Агроном завжди вагається: посіяти насіння у вологий, але не досить прогрітий ґрунт і сподіватися на підвищення температури, аби отримати сходи, чи у прогрітий, але пересушений ґрунт, і покладатися на те, що пройдуть дощі і все насіння проросте.

Останніми роками погодні умови в Україні складаються таким чином, що немає поступового переходу зими у весну. Зараз після зими відразу настає літо. Йде різке накопичення суми активних температур і ґрунт швидко висихає. Затримка із сівбою на кілька днів може дуже суттєво вплинути на зменшення урожайності. Сівба насіння арахісу у прогрітий, але пересушений ґрунт тягне за собою ризик отримання нерівномірних сходів. Особливо це помітно на полях, де неякісно проведено основний і передпосівний обробіток ґрунту. За таких умов вірогідність отримати нерівномірні сходи дуже висока. І ті рослини, які будуть сходити пізніше, ніколи не зможуть розкрити свій генетичний потенціал. Вони відставатимуть у розвитку, уражатимуться хворобами [11–13].

Деякі вчені вважають, що найбільш дружні та повні сходи можна одержати за умови доброго зволоження верхніх шарів ґрунту та кращого прогрівання повітря і ґрунту на глибині загортання насіння. В умовах недостатнього зволоження на ріст, розвиток та продуктивність арахісу особливо негативно впливає дефіцит вологи. Коли атмосферна і ґрунтова посухи наступають одночасно, заподіяна ними шкода особливо значна. В Україні такі явища спостерігаються через кожні 2–3 роки. Тому при запізненні із сівбою насіння арахісу нерідко потрапляє у недостатньо вологий шар ґрунту, повільно вбирає вологу і в результаті польова схожість насіння помітно знижується [14–17].

Ранні строки сівби створюють небезпеку пошкодження рослин пізніми весняними заморозками. Сходи пошкоджуються заморозками мінус 0,5–1 °С.

Відомо, що арахіс потребує великої кількості тепла. Насіння його починає проростати при температурі 14–15 °С. Сходи гинуть при мінус 1 °С, доросла рослина – при мінус 2 °С. Осінні заморозки (-3 °С) спричиняють загибель рослин, а насіння тільки викопаних і не висушених бобів втрачає схожість, а при -4 °С стає непридатним для переробки [18–19].

Метою дослідження було розробити та вдосконалити елементи технології вирощування сортів арахісу, які би забезпечували підвищення врожайності та якості.

Завдання дослідження. Визначити урожайність та показники якості зерна сортів арахісу залежно від строків сівби.

Матеріали і методи досліджень

Польові дослідження проводили упродовж 2020–2021 рр. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий малоґумусний, який характеризується такими агрохімічними показниками: вміст ґумусу в орному шарі (0–20 см) 3,9–4,0 %; азоту, що легко гідролізується – 5,7–6,3 мг/100 г ґрунту (за Тюріним та Кононовою); P_2O_5 в оцтовокислій витяжці – 11,4–12,2 мг/100 г ґрунту (за Чириковим); обмінного калію – 17,2–17,3 мг/100 г ґрунту (за Масловою), pH сольової витяжки – 6,6.

Об’єкт досліджень вивчали за схемою двофакторного досліду: фактор А – сорти арахісу Валенсія українська, Степняк, Краснодарець 14; фактор В – варіанти строків сівби: 10 травня, 20 травня, 1 червня. Повторність досліду триразова. Розміщення варіантів і повторень – рендомізоване [20]. Облікова площа ділянки складала 4,2 м^2.

Посів арахісу проводили вручну широкорядним способом з міжряддям 70 см, а відстань між рослинами в рядку складала 20 см. Глибина заробки насіння складала 8 см, норма висіву – 200 тис.шт./га. Після появи сходів, проводили прополювання рослин і між рядами. Через 10 днів після початку масового цвітіння проводили підгортання у рядку кожні 10–12 діб, засипаючи нижню частину рослин вологою рихлою землею разом з квітами, а пагони з листям залишали вгорі. Коли рослини починали жовтіти, викопували один з кущів для контролю ступеня зрілості.

Збирання врожаю арахісу проводили вручну при пожовтінні і обпаданні листків, потемніння жилок з внутрішньої сторони бобів з подальшим підсушуванням і зважуванням біомаси та насіння. Облік врожайності проводили суцільним методом, збираючи врожай з усієї ділянки, зважуючи його і перераховуючи на 1 га і 10 % вологість [11].

Також була проведена оцінка якості ядер за масою 1000 ядер (г), та виходу зрілих, конденційних ядер (%).

Отримані дані підлягали статистичній обробці за допомогою програми «Statistica 6,0» згідно з методикою Б. А. Доспехова [20].

Результати досліджень та їх обговорення

Запорукою майбутнього врожаю арахісу є висока польова схожість, від рівня якої залежать умови росту і розвитку рослин та виконання технологічних операцій. За умов проведених досліджень польова схожість насіння арахісу варіювала від 72 до 90 % залежно від строків сівби, особливостей сорту та погодних умов року (табл. 1).

Суттєвий вплив строків сівби на формування польової схожості насіння арахісу спостерігався за несприятливих умов 2020 року, коли в період появи сходів була прохолодна погода. Так, за умов посіву у ранні строки було відмічено найнижчі показники польової схожості, що складали для сорту Степняк – 72 %, Краснодарець 14–78 %, Валенсія українська – 73 %. За умови сівби 20 травня і 1 червня суттєвої різниці по сортах не відмічалося.

1. Польова схожість та тривалість періоду появи сходів залежно від строків сівби, 2020–2021 рр.

Сорт (фактор А)	Строки сівби (фактор В)	Польова схожість, %			Тривалість періоду сівба-сходи, діб		
		2020 р.	2021 р.	середня	2020 р.	2021 р.	середня
Степняк	10.05	72	86	79	17	14	15,5
	20.05	84	86	85	13	10	11,5
	01.06	86	89	87,5	12	10	11
Краснодарець 14	10.05	78	85	81,5	15	12	13,5
	20.05	83	84	83,5	10	9	9,5
	01.06	86	88	87	11	8	9,5
Валенсія українська	10.05	73	82	77,5	17	13	15
	20.05	85	84	84,5	13	11	12
	01.06	87	90	88,5	12	10	11

При сівбі насіння арахісу 2021 року польова схожість була вищою по всім варіантам досліду порівняно з 2020 роком. Зокрема найвищий показник був відмічений у сорту Валенсія українська за сівби 1 червня і складав 90 %.

За середніми даними, варто зазначити, що найбільш сприятливим строком для формування польової схожості є 1 червня для всіх досліджуваних сортів.

Початок вегетаційного періоду арахісу припадає на першу–третю декаду травня і триває до третьої декади жовтня, коли призупиняється утворення квітів і гінофор [17]. Тривалість міжфазного періоду посів-сходи варіювала у досить широких межах – від 8-ої до 17-ої доби залежно від особливостей сорту, умов проростання та строків сівби.

Затяжна прохолодна весна вплинула на тривалість міжфазного періоду посів–сходи 2020 року, який варіював від 10 до 17 діб. При ранніх строках сівби сходи з'являлися на 13–17-у добу залежно від сорту. При сівбі 20 травня і 1 червня спостерігалось скорочення періоду посів–сходи на 3–5 діб.

За умов 2021 року поява сходів була відмічена на 8–14 день. При цьому найбільш довгим міжфазним періодом посів-сходи був у варіанті за умови сівби 10 травня (12–14 діб), а коротким – у разі сівби 1 червня (8–10 діб).

За середніми даними було встановлено, що у разі сівби 10 травня тривалість міжфазного періоду посів–сходи була найбільша (15 діб), а при сівбі 20 травня і 1 червня суттєвої різниці не спостерігали (11 діб).

З погляду виробництва основним показником, який характеризує ефективність впровадження агрозаходу в технологію вирощування сільськогосподарських культур є їх урожайність, яка характеризує величину продукції.

Експериментальні дані, одержані в результаті вивчення впливу строків сівби насіння на формування урожайності сортів арахісу, представлені в таблиці 2.

2. Урожайність сортів арахісу залежно від строків сівби, 2020–2021 рр.

Сорт (фактор А)	Строки сівби (фактор В)	Урожайність, т/га		
		2020 р.	2021 р.	середня
Степняк	10.05	1,17	1,34	1,26
	20.05	1,42	1,57	1,50
	01.06	1,44	1,41	1,38
Краснодарець 14	10.05	1,33	1,57	1,45
	20.05	1,54	1,63	1,59
	01.06	1,55	1,68	1,62
Валенсія українська	10.05	2,31	2,52	2,42
	20.05	2,56	2,64	2,60
	01.06	2,44	2,69	2,54
$НІР_{0,05}$ по фактору А		0,47	0,23	-
$НІР_{0,05}$ по фактору В		0,18	0,11	-

Сорти арахісу найкраще розкривають свої можливості за оптимальних умов навколишнього середовища, які залежать від конкретних ґрунтово-кліматичних умов року і сортової специфіки та технології вирощування [19]. Кінцева мета вирощування арахісу – це отримання високої урожайності якісних ядер.

Рівень урожайності варіював від 1,17 т/га до 2,69 т/га залежно від сортових властивостей, умов року досліджень та строків сівби насіння.

Погодні умови 2020 року були несприятливими для росту і розвитку рослин арахісу, про що свідчить низька урожайність, яка коливалася від 1,17 до 2,56 т/га. Варто зазначити, що за таких умов найбільшу врожайність спостерігали у сорту Валенсія українська (2,56 т/га) за умови сівби 20 травня, у сортів Краснодарець 14 (1,55 т/га) і Степняк (1,44 т/га) у разі сівби 1 червня.

За умов 2021 року урожайність арахісу варіювала від 1,34 до 2,69 т/га. При цьому найвища врожайність була відмічена при сівбі 20 травня у сорту Степняк (1,57 т/га), а у сортів Краснодарець 14, Валенсія українська суттєвої різниці між строками 20 травня і 1 червня не виявлено.

За середніми даними 2020–2021 рр. рівень урожайності арахісу на 18,2 % залежав від погодних умов, на 40,7 % від сорту, на 26,6 % від строків сівби, на 2,2 % інших факторів та 12,3 % склала взаємодія факторів АВ (рис. 1).

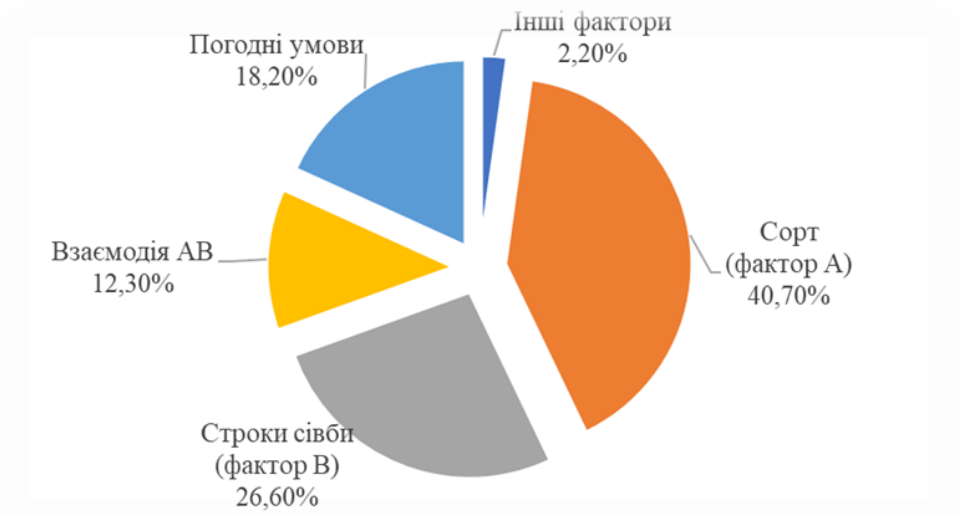


Рис. Частка впливу факторів на урожайність арахісу (середнє 2020–2021 рр.)

Після збору врожаю та очищення від шкаралупи визначають якісні показники арахісу, зокрема масу 1000 ядер та вміст зрілих конденційних (табл. 3).

3. Якість ядер сортів арахісу залежно від строків сівби, середнє за 2020–2021 рр.

Сорт (фактор А)	Строки сівби (фактор В)	Маса 1000 ядер, г	Вихід зрілих, конденційних, %
Степняк	10.05	756	93,2
	20.05	732	88,6
	01.06	724	82,0
Краснодарець 14	10.05	631	94,1
	20.05	618	90,2
	01.06	620	85,6
Валенсія українська	10.05	859	91,4
	20.05	850	87,1
	01.06	831	81,0

Маса 1000 ядер – показник, що характеризує їх крупність. За умов наших досліджень він варіював від 61 г (Краснодарець 14, 20.05) до 859 г (Валенсія українська, 10.05). Зниження маси 1000 ядер спосерігається залежно від більш пізніх строків посіву, що зумовлює проходження достигання за несприятливих умов та невизрівання ядер арахісу. Найбільша маса 1000 ядер по всіх досліджуваних сортах була відмічена за умови ранньої сівби насіння 10 травня. У разі сівби 20 травня і 1 червня спостерігалося зменшення маси 1000 ядер ув середньому по досліду на 22 г і 24 г відповідно, через збільшення недозрілих ядер.

Вихід зрілих, кондиційних зерен коливався від 82,0 % до 94,1 %. При цьому найбільший вміст також був у разі сівби 10 травня, а найменший – 1 червня. Серед досліджених сортів за крупністю ядер виділявся сорт Валенсія українська, маса 1000 зерен варіювала від 831 до 859 г.

Висновки

Отже, сівба 20 травня і 1 червня забезпечила оптимальні умови для появи дружніх сходів та росту і розвитку рослин досліджуваних сортів арахісу, що сприяло збільшенню урожайності. Арахіс, посіяний 10 травня, вимагав більше часу для появи сходів, і розвиток рослин відбувався повільніше, ніж за умови посіву 20 травня і 1 червня. Однак посіви вступили у фазу цвітіння раніше, що дало змогу більшій кількості плодів досягти зрілості до заморозків. Встановлено, що рівень урожайності арахісу на 18,2 % залежав від погодних умов, на 40,7 % від сорту, на 26,6 % від строків сівби, на 2,2 % від інших факторів та 12,3 % склала взаємодія факторів АВ.

Перспективи подальших досліджень. Удосконалення сортової агротехніки вирощування арахісу, що забезпечить отримання високої врожайності, поліпшення якості продукції.

References

1. Dubinina, A. A., Lenert, S. O., & Khomenko, O. O. (2013). Analiz vitaminnoho ta mineralnoho skladu sortiv arakhisu, poshyrenykh v Ukraini. *Vostochno-Evropeiskyi Zhurnal Peredovykh Tekhnolohyi*, 6 (11), 4–7. [In Ukrainian].
2. Holodniuk, N. A. (2005). Vplyv ahroekolohichnykh faktoriv na tryvalist mizhfaznykh periodiv vehetatsii arakhisu v umovakh pivdennoho stepu Ukrainy. *Naukovi Zapysky NaUKMA. Biolohiia ta Ekolohiia*, 43, 76–79. [In Ukrainian].
3. Lymar, V. A., & Revutskyi, A. Iu. (2001). Efektyvnist pryiomiv dohliadu za posivamy arakhisu. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 19, 82–86. [In Ukrainian].
4. Lymar, V. A., & Frolov, V. V. (1999). Vyroshchuvannia arakhisu v kolektyvnykh, fermerskykh hospodarstvakh ta na prysadybnykh diliankakh. *Ahrarna Nauka,* 19, 4. [In Ukrainian].
5. Iurchenko, S. O., Bahan, A. V., & Shakalii, S. M. (2021). Vplyv peredposivnoi obrobky nasinnia stymuliatorom rostu «IR Seed treatment» na produktyvnist arakhisu. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 119, 144–151. doi: 10.32851/2226-0099.2021.119.19 [In Ukrainian].
6. Iurchenko, S. O., Bahan, A. V., & Omelych, M. V. (2021). Formuvannia posivnykh yakostei nasinnia sortiv arakhisu zalezhno vid obrobky stymuliatorom rostu "1R Seed Treatment". *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 117, 164–171. doi: 10.32851/2226-0099.2021.117.22 [In Ukrainian].
7. Reusche, G. A. (1987). Peanut seed production. *Journal of Seed Technology*, 11 (1), 88–96. Retrieved from: http://www.jstor.org/stable/23432940
8. Sogut, T., Ozturk, F.,& Kizil, S. (2016). Effect of sowing time on peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars: II. Fatty acid composition. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 10, 76–82. doi: 10.1016/j.aaspro.2016.09.018
9. Maheswar, N. U., & Sathiyavani, G. (2012). Solubilization of phosphate by Bacillus sp., from groundnut rhizosphere (*Arachis hypogaea* L). *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 4 (8), 4007–4011.
10. Settaluri, V. S., Kandala, C. V. K., Puppala, N., & undaram, J. (2012). Peanuts and their nutritional aspects – a review. *Food and Nutrition Sciences*, 3 (12), 1644–1650. doi: 10.4236/fns.2012.312215
11. Badawi, F. Sh. F., Biomy, A. M. M., Desoky, A. H. (2011). Peanut plant growth and yield as influenced by co-inoculation with Bradyrhizobium and some rhizo-microorganisms under sandy loam soil conditions. *Annals of Agricultural Sciences*, 56 (1), 17–25. doi: 10.1016/j.aoas.2011.05.005
12. Kevin, T., Namara, M. C., & Wetzstein, M. E. (1991). Factors affecting peanut producer adoption of integrated pest management. *Review of Agricultural Economics*, 13 (1), 129–139. doi: 10.2307/1349563

13. Varaprasad, P. V., Kenneth, J., Boote, L., Hartwell, A. JR., & Jean, M. G. (2003). Thomas Super-optimal temperatures are detrimental to peanut (*Arachis hypogaea* L.) reproductive processes and yield at both ambient and elevated carbon dioxide. *Global Change Biology*, 9, 1775–1787. doi: 10.1046/j.1529-8817.2003.00708.x

14. Gashti, A. H., Vishekaei, M. N. S., & Hosseinzadeh, M H. (2012). Effect of potassium and calcium application on yield, yield components and qualitative characteristics of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in Guilan Province, Iran. *World Applied Sciences Journal*, 16 (4), 540–546.

15. Lehnert, S., Khomenko, O., Dubinina, A., Malyuk, L., Skyrda, O., & Radchenko, A. (2019). Development of peanut quality criteria for determination of its rational use. *Science and Innovation*, 15 (5), 27–37. doi: 10.15407/scin15.05.027

16. Dubinina, A., Lehnert, S., Khomenko, O., Shcherbakova, T., & Maluk, L. (2016). Development of the method of peanuts detoxification and improvement of its digestion. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI – Food Technology*, 40 (1), 9–22.

17. Gulluoglu, L., H., Bakal, B., Onat, C., & Kurt, H. A. (2017). Comparison of agronomic and quality characteristics of some peanut (*Arachis hypogaea* L.) varieties grown as main and double crop in Mediterranean region. *Turkish Journal of Field Crops*, 22 (2), 166–177. doi: 10.17557/TJFC.356208

18. Canavar, O., & Kaynak, M. A. (2008). Effect of different planting dates on yield and yield components of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32, 521–528.

19. Sharma, P., Sardana, V., & Singh Kand, S. (2013). Effect of sowing dates and harvesting dates on germination and seedling vigor of groundnut (Arachis hypogaea) Cultivars. *Research Journal of Seed Science*, 6 (1), 1–15. doi: 10.3923/rjss.2013.1.15

20. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodyka polevoho oputa*. Moskva: Agropromizdat [In Russian].

Стаття надійшла до редакції: 10.04.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Юрченко С. О., Шакалій С. М., Баган А.В. Вплив строків сівби на урожайність сортів арахісу (*Arachis hypogaea* L.). *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 85–91.

© Юрченко Світлана Олександрівна, Шакалій Світлана Миколаївна, Баган Алла Василівна, 2022

Agriculture. Plant growing
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 633.111.1:338.512 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.10**

ECONOMIC EFFICIENCY OF ORGANIC WHEAT CULTIVATION UNDER INSUFFICIENT MOISTENING OF UKRAINIAN STEPPE

M. Marenych* ORCID 0000-0002-8903-3807
R. Dyazhuk ORCID 0000-0002-6844-9627

Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody Str., Poltava, 36003, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: mykola.marenych@pdaa.edu.ua

How to Cite

Marenych, M., & Dyazhuk, R. (2022). Economic efficiency of organic wheat cultivation under insufficient moistening of Ukrainian Steppe. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 92–99. doi: 10.31210/visnyk2022.02.10

In many researches, it is pointed out that organic enterprises are less economically efficient in comparison with traditional ones, 4 %, on the average. However, the former have the prospects to become by 21–27 % more profitable, but this depends on many factors, in particular, on empirical character, environmental variables and economic policy in the field of subsidies, the presence of economic mechanisms of functioning, which differ considerably in various countries. There is a constant need in overall assessment of production processes and risks as to the environment, production stability, means of production (first of all, soils), economic factors and prospects. The purpose of the study became the substantiation of economic aspects for introducing agro-technologies of winter wheat cultivation under the conditions of insufficient moistening. During the years of research, the prices on winter wheat grain tended to increase, which was the result of demand on the Ukrainian and foreign market. The analysis of economic indicators of organic winter wheat cultivation has shown that its average yield can be by 7–15 % lower than the average indicators in the region. However, owing to higher prices on grain, the cultivation of organic wheat has higher profitability by 43 % and higher net profit by 1,244 UAH/ha. Attention should be paid to correlation relations between the yield and economic indicators. In traditional technologies, the yield correlates only with the cost (r = –0.92), at the same time when there appear correlations with the net profit and the level of profitability in organic technologies (r = 0.77–0.80), the relation between the yield and the cost becomes almost functional (r = –0.97). In its turn, this is connected with the factors of applying mineral fertilizers and plant protection means – the correlation ratio between the cost of fertilizers and production expenses makes 0.81. There is also considerable direct correlation with expenses on fuel and lubrication materials. Thus, the use of correlation analysis between the value of yield and economic indicators gives sufficient additional information for determining regularities between them.

Key words: *winter wheat, economic efficiency, organic technologies, cost, profitability.*

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ОРГАНІЧНОЇ ПШЕНИЦІ В УМОВАХ НЕДОСТАТНЬОГО ЗВОЛОЖЕННЯ СТЕПУ УКРАЇНИ

М. М. Маренич, Р. У. Дяжук
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

У багатьох дослідженнях вказують, що загалом органічні підприємства мають меншу економічну ефективність порівняно із традиційними в середньому на 4 %, однак мають перспективи стати вигіднішими на 21–27 %. Проте це залежить від багатьох факторів, зокрема емпіричності,

екологічних змінних та економічної політики у сфері субсидій, наявністю економічних механізмів функціонування, які значно різняться в різних країнах. Існує постійна потреба у всебічній оцінці виробничих процесів і ризиків стосовно навколишнього середовища, стабільності виробництва, засобів виробництва (передусім ґрунтів), економічних факторів і перспектив. Метою здійсненого дослідження стало обґрунтування економічних аспектів упровадження органічних агротехнологій вирощування пшениці озимої в умовах недостатнього зволоження. За період, який охоплюють роки досліджень, ціни на зерно пшениці озимої мали тенденцію до зростання, що є наслідком попиту на внутрішньому та міжнародному ринку. Аналіз економічних показників вирощування органічної пшениці озимої показує, що середня врожайність її може бути нижчою від середніх показників у регіоні на 7–15 %. Однак завдяки вищій ціні на зерно вирощування органічної пшениці має вищу на 43 % рентабельність і приносить більший на 1244 грн/га чистий дохід. Заслуговує на увагу наявність кореляційних зв'язків між урожайністю та економічними показниками. У традиційних технологіях вона корелює лише із собівартістю (r = –0,92), тоді як в органічних з'являються кореляції з чистим доходом і рівнем рентабельності (r = 0,77–0,80), зв'язок між урожайністю й собівартістю стає майже функціональним (r = –0,97). Це, своєю чергою, пов'язане саме з факторами використання мінеральних добрив та засобів захисту рослин – коефіцієнт кореляції між вартістю добрив та виробничими затратами становить 0,81, існує також значна пряма кореляція з витратами на паливно-мастильні матеріали. Отже, використання кореляційного аналізу між величиною врожаю та економічними показниками дає істотну додаткову інформацію для визначення закономірностей між ними.

Ключові слова: *пшениця озима, економічна ефективність, органічні технології, собівартість, рентабельність.*

Вступ

Максимальне виробництво харчових продуктів для харчування населення, що швидко зростає, при мінімізації використання критичних ресурсів і погіршення якості ґрунту є серйозною проблемою для глобальної стійкості [22]. Упровадження органічного рослинництва варто розглядати не лише з позицій споживачів так званої здорової їжі, а з досить прагматичних міркувань. Насамперед воно стосується пошуку методів стабільності виробництва, збільшення різноманітності доходів господарств і захисту «здоров'я» ґрунтів. В умовах трансформаційних змін ефективність аграрного виробництва залежить від біологічного землеробства, яке має бути орієнтоване на раціональне використання земельних ресурсів, запобігання деградації, збереження та підвищення родючості ґрунтів та раціональне використання земель у часі, використання життєвих факторів сільськогосподарських рослин, зважаючи на їхні біологічні потреби [23].

Цінові надбавки за органічну продукцію, зменшення затрат на виробничі процеси роблять органічні технології цілком життєздатними [1, 2], хоча поза увагою науковців не залишається саме нинішня нестабільність органічних технологій [9].

Необхідно також враховувати, що перехід на органічні технології вирощування може мати не досить великі результати в короткостроковій перспективі. Ефективнішою є саме диверсифікація виробництва, яка й виступає передумовою стабільності виробництва [13]. Є думка, що необхідно дотримуватися розвитку багатофункціональних і ресурсно-розумних виробничих систем, наприклад, шляхом оптимізації землекористування: виділення високоякісних полів для виробництва харчових продуктів і низькопродуктивних полів для екстенсифікації, тобто отримання екологічних переваг [21]. Незважаючи на подібність моделей формування врожайності традиційних і органічних посівів, урожайність в останніх часто буває нижче на 20–31 % [20]. За даними українських учених, органічні господарства виробляють більше продукції з одиниці площі, але мають нижчу рентабельність унаслідок високої трудомісткості [5], інші говорять про те, що причиною незастосування органічних технологій є збільшення собівартості продукції та відсутність логістичної інфраструктури [6].

У багатьох дослідженнях вказують, що загалом органічні підприємства мають меншу економічну ефективність порівняно із традиційними в середньому на 4 %, однак мають перспективи стати вигіднішими на 21–27 %. Проте це залежить від багатьох факторів, зокрема емпіричності, екологічних змінних та економічної політики у сфері субсидій, наявності економічних механізмів функціонування, які значно різняться в різних країнах [3, 4, 9, 14]. Наприклад, у Польщі позитивні результати отримані в семи з десяти підприємств, тоді як серед традиційних господарств він дещо вищий – дев'ять з десяти [16].

За висновками вітчизняних учених, Україна має значний нереалізований експортний потенціал у сфері виробництва органічної продукції, а також відчуває гостру потребу у використанні маркетингових інструментів, державній підтримці органічного сектору та збільшенні органічного виробництва шляхом об'єднання виробників у кластери, створенні кооперативів, сегментації споживачів. Необхідно також ширше використовувати досвід упровадження глобальних та національних програм розвитку та підтримки органічного сектору [24].

З агрономічного погляду найефективнішими методами управління продукційними процесами в органічному виробництві виступають підбір сортів для вирощування, застосування системи добрив, захисту рослин і запровадження сівозмін [7, 11, 12]. Важливим аспектом також є застосування способу обробітку ґрунту, однак систематизовані дані про вплив цього фактору в органічному рослинництві відсутні [10, 8].

Безумовно, переважна більшість публікацій свідчить про безперечну користь органічних технологій для природних ресурсів і біорізноманіття, збереження родючості ґрунтів, зменшення викидів [15], однак існує постійна потреба у всебічній оцінці виробничих процесів і ризиків стосовно навколишнього середовища, стабільності виробництва, засобів виробництва (передусім ґрунтів), економічних факторів і перспектив [17, 18, 19]. Зокрема згідно з нашими дослідженнями урожайність в органічних посівах може бути на 15 % менше від середньої в регіоні [25].

Метою досліджень було обґрунтування економічних аспектів упровадження органічних агротехнологій вирощування пшениці озимої в умовах недостатнього зволоження.

Завдання досліджень полягало в аналізі формування урожайності, цін на зерно, порівняння економічних показників вирощування пшениці озимої в органічних і традиційних системах землеробства.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили в ТОВ «Дунайський аграрій» Ізмаїльського району Одеської області. Розрахунок економічних показників – виробничі витрати, собівартість одиниці продукції, чистий дохід та рентабельність – проводили згідно з технологічними картами відповідно до методичних рекомендацій [26]. Для розрахунків використовували фактичну урожайність органічної пшениці в цьому господарстві та середні показники урожайності в регіоні. Для характеристики якості зерна користувалися чинним національним стандартом на зерно пшениці ДСТУ 3768 : 2019. Для розрахунків користувалися архівами цін, наведеними на порталах https://graintrade.com.ua, https://kurkul.com, ресурсах ТОВ СП «НІБУЛОН» та інших операторів зернового ринку, які були чинними протягом періоду 2017–2021 рр.

Результати досліджень та їх обговорення

За період, який охоплюють роки наших досліджень, ціни на зерно пшениці озимої мали тенденцію до зростання (рис. 1), що, на погляд авторів, є наслідком попиту на внутрішньому та міжнародному ринку, а також певними економічними ризиками вирощування іншої пріоритетної зернової культури – кукурудзи. Своєю чергою, ці ризики пов'язані з нестабільністю врожаїв кукурудзи через несприятливі погодні умови, які виникають під час періоду вегетації. Пшениця озима значно краще пристосована до умов вирощування, оскільки за своїми біологічними особливостями здатна ефективніше використовувати вологу, яка накопичується протягом зимового й весняного періоду.

Фактично за сім років спостережень ціна 1 т зерна пшениці 3 класу зросла з 2975 2015 року до 6854 грн/т – 2020 року, тобто майже ніж у 2,5 рази, а ціни на зерно пшениці 5 класу зросли удвічі – з 2932 до 6091 грн/т. Із власного досвіду можна з упевненістю констатувати, що ціни на зерно органічної пшениці в середньому вищі на 20–30 %, і тому вони мають таку ж динаміку змін. Проте варто зазначити, що урожайність пшениці в інтенсивних технологіях має значну залежність від вартості добрив, а вартість останніх прямо залежить від цін на енергоносії, зокрема природного газу, які протягом періоду, що описується, значно варіювали. Обсяги ж виробництва органічної продукції такої прямої залежності не мають.

Рис. 1. Динаміка цін на зерно пшениці

Аналіз економічних показників вирощування органічної пшениці озимої показує, що середня врожайність її може бути нижчою від середніх показників в регіоні на 0,23 т/га, що становить близько 7 % (табл. 1). Однак завдяки вищій ціні на зерно вирощування органічної пшениці має вищу на 43 % рентабельність і приносить більший на 1244 грн/га чистий дохід. Такою є загальна тенденція економічної ефективності за певний період, проте необхідно зазначити, що внаслідок більшої залежності урожайності органічних агроценозів від погодних умов економічні показники можуть також суттєво варіювати.

1. Показники економічної ефективності (2015–2021 рр.)

Економічна ефективність	Звичайна технологія	Органічна технологія
Урожайність, т/га	3,36	3,13
Ціна за одиницю продукції, грн	5146	5766
Вартість продукції з 1 га, грн	17019	17182
Виробничі затрати на 1 га, грн	7057	5977
Собівартість 1 ц, грн.	222	227
Чистий дохід, грн	9962	11206
Рівень рентабельності, %	137	180

Так само, маючи меншу залежність від погодних умов, економічні показники неорганічних або ж звичайних технологій значною мірою залежать від таких чинників, як ціни на мінеральні добрива, засоби захисту рослин, паливно-мастильні матеріали тощо. Необхідно звернути увагу, що ціна на азотні добрива мала стійку тенденцію до зростання протягом усього періоду часу, за який проводився аналіз.

Отже, в період 2015–2018 рр. чистий дохід органічної технології був більшим від звичайної (рис. 2). Головно це обумовлювалося вищими показниками врожайності, отриманими в господарстві, від середніх показників у регіоні вирощування. Середні показники врожайності у звичайних посівах у цей період варіювали в межах 3,21–3,88 т/га, а в органічному господарстві – 3,43–4,58 т/га. Ситуація змінилася в період 2019–2021 рр., коли внаслідок більшої залежності урожайності органічних посівів від погодних умов варіювання відповідно склало 1,78–4,05 і 1,16–3,26 т/га. Особливо це відчутно було 2019–2020 років.

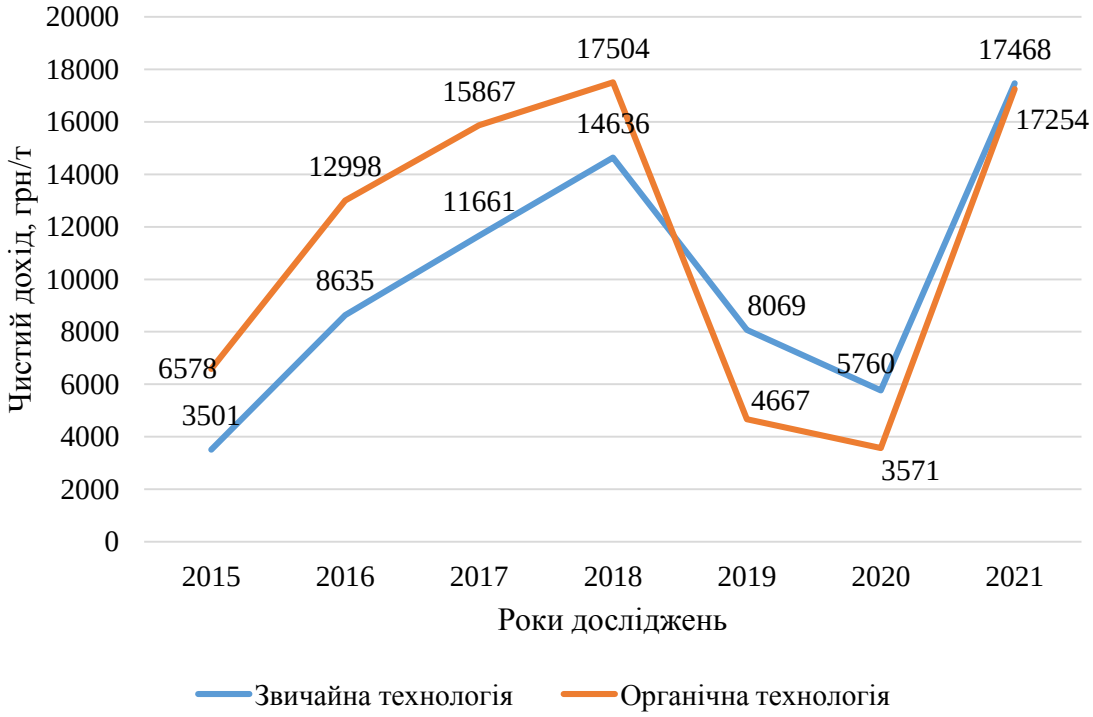


Рис. 2. Динаміка формування чистого доходу за роки досліджень

Такою ж була тенденція й у інших показниках економічної ефективності – собівартості та рівня рентабельності (табл. 2). Внаслідок змін цін зростали й виробничі затрати на технологічні операції, за винятком короткого періоду 2019–2020 рр., коли на ринку палива істотно знизилася його вартість, але таке зниження не суттєво вплинули на собівартість і рівень рентабельності через зниження урожайності, а лише певною мірою пом'якшило негативний вплив.

2. Урожайність та економічна ефективність вирощування пшениці озимої

Показник	Роки						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Звичайна технологія							
Урожайність, т/га	3,21	3,84	3,88	3,77	3,01	1,78	4,05
Вартість продукції з 1 га, грн	9566	15091	18779	22545	15441	12193	25515
Виробничі затрати на 1 га, грн	6065	6456	7118	7908	7372	6433	8047
Собівартість 1 ц, грн.	189	168	183	210	245	361	199
Рівень рентабельності, %	58	134	164	185	109	90	217
Органічна технологія							
Урожайність, т/га	3,43	4,15	4,58	3,61	1,71	1,16	3,26
Вартість продукції з 1 га, грн	12074	18758	22442	24476	10346	8480	23700
Виробничі затрати на 1 га, грн	5496	5760	6575	6972	5678	4909	6446
Собівартість 1 ц, грн.	160	139	144	193	332	423	198
Рівень рентабельності, %	120	226	241	251	82	73	268

Зважаючи на це, заслуговує на увагу існування кореляційних зв'язків між урожайністю та економічними показниками. У традиційних технологіях вона корелює лише з собівартістю (r = –0,92), тоді як в органічних – з'являються кореляції з чистим доходом і рівнем рентабельності (r = 0,77–0,80), зв'язок між урожайністю й собівартістю стає майже функціональним (r = –0,97). Це пов'язане саме з факторами використання мінеральних добрив та засобів захисту рослин – коефіцієнт кореляції між вартістю добрив та виробничими затратами становить 0,81, існує також значна пряма кореляція з витратами на паливно-мастильні матеріали.

Отже, використання кореляційного аналізу між величиною врожаю та економічними показниками дає істотну додаткову інформацію для визначення закономірностей між ними.

Висновки

Аналіз економічних перспектив вирощування пшениці озимої за органічними технологіями свідчить, що незважаючи на істотні ризики, які існують разом з їх великою залежністю від природних факторів, цей напрям в умовах України є економічно доцільним і обґрунтованим. На користь цього свідчить значно менші затрати на придбання та внесення мінеральних добрив, а врожайність органічних агроценозів може бути нижче від традиційних лише на 7–15 %. З огляду на стійку тенденцію до зростання цін на пшеницю, яка існувала в мирний час до агресії, та вищі на 20–30 % ціни на органічне, зерно можна спрогнозувати й подальше зростання попиту на нього. Отже, реальними перешкодами для прогнозування економічної ефективності вирощування пшениці озимої є, переважно, умови вирощування. Встановлено, що кількість кореляційних залежностей у системі урожайність – економічні показники менша у традиційних технологіях ніж у органічних.

Перспективи подальших досліджень. Отримані результати обґрунтовують економічні аспекти вирощування пшениці озимої за органічними технологіями. Застосування кореляційного аналізу для визначення взаємозв'язків між урожайністю й економічними показниками може в подальшому сприяти підвищенню економічної ефективності виробництва зерна органічної пшениці.

References

1. Wieme, R. A., Carpenter-Boggs, L. A., Crowder, D. W., Murphy, K. M., & Reganold, J. P. (2020). Agronomic and economic performance of organic forage, quinoa, and grain crop rotations in the Palouse region of the Pacific Northwest, USA. *Agricultural Systems*, 177, 102709. doi: 10.1016/j.agsy.2019.102709

2. Heinrichs, J., Kuhn, T., Pahmeyer, C., & Britz, W. (2021). Economic effects of plot sizes and farm-plot distances in organic and conventional farming systems: A farm-level analysis for Germany. *Agricultural Systems*, 187, 102992. doi: 10.1016/j.agsy.2020.102992

3. Lakner, S., & Breustedt, G. (2017). Efficiency analysis of organic farming systems a review of concepts, topics, results and conclusions. *German Journal of Agricultural Economics*, 66, 85–108. doi: 10.22004/ag.econ.303542

4. Khalep, Y., & Moskalenko, A. (2020). Ecological and economic aspects of the efficiency of Polissia organic plant models. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, 6, 5–19. doi: 10.22004/ag.econ.308583

5. Ostapenko, R., Herasymenko, Y., Nitsenko, V., Koliadenko, S., Balezentis, T., & Streimikiene D. (2020). Analysis of production and sales of organic products in Ukrainian agricultural enterprises. *Sustainability*, 12 (8), 3416. doi: 10.3390/su12083416

6. Bazylevych, V., Kupalova, H., Goncharenko, N., Murovana, T., & Grynchuk Y. (2017). Improvement of the effectiveness of organic farming in Ukraine. *Problems and Perspectives in Management*, 15 (3), 64–75. doi: 10.21511/ppm.15(3).2017.06

7. Rempelos, L., Almuayrifi, M. S. B., Baranski, M., Tetard-Jones, C., Barkla, B., Cakmak, I., Ozturk, L., Cooper, J., Volakakis, N., Hall, G., Zhao, B., Rose, T. J., Wang, J., Kalee, H. A., Sufar, E., Hasanalieya, G., Bilsborrow, P., & Leifert, C. (2020). The effect of agronomic factors on crop health and performance of winter wheat varieties bred for the conventional and the low input farming sector. *Field Crops Research*, 254, 107822. doi: 10.1016/j.fcr.2020.107822

8. Zikeli, S., & Gruber S. (2017). Reduced tillage and No-till in organic farming systems, Germany–Status Quo, potentials and challenges. *Agriculture*, 7 (4), 35. doi: 10.3390/agriculture7040035

9. Tsvetkov, I., Atanassov, A., Vlahova, M., Carlier, L., Christov, N., Lefort, F., Rusanov, K., Badjakov, I., Dincheva, I., Tchamitchian, M., Rakleova, G., Georgieva, L., Tamm, L., Iantcheva, A., & Herforth-Rahmé, J. Epaminondas P., & Atanassov, I. (2018). Plant organic farming research – current status and opportunities for future development. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 32 (2), 241–260. doi: 10.1080/13102818.2018.1427509

10. Hawes, C., Young, M. W., Banks, G., Begg, G. S., Christie, A., Iannetta, P. P. M., Karley, A. J., & Geoffrey, R. (2019). Whole-systems analysis of environmental and economic sustainability in arable cropping systems: a case study. *Agronomy*, 9 (8), 438. doi: 10.3390/agronomy9080438

11. Wanga, S., Yang, L., Su, M., Ma, X., Sun, Y., Yang, M., Zhao, P., Shen, J., Zhang, F., Goulding, K., Shi, X., & Liu X. Increasing the agricultural, environmental and economic benefits of farming based on suitable crop rotations and optimum fertilizer applications. (2019). *Field Crops Research*, 240, 78–85. doi: 10.1016/j.fcr.2019.06.010

12. Shahzad, K., Abid, M., & Sintim, H. Y. (2018). Wheat productivity and economic implications of biochar and inorganic nitrogen application. *Agronomy Journal*, 110 (6), 2259–2267. doi: 10.2134/agronj2018.01.0055

13. Rosa-Schleich, J., Loos, J., Mußhoff, O., & Tscharntke, T. (2019). Ecological-economic trade-offs of Diversified Farming Systems – A review. *Ecological Economics*, 160, 251–263. doi: 10.1016/j.ecolecon.2019.03.002

14. der Ploega, J. D., Barjolle, D., Bruil, J., Brunori, G., Madureira, L. M. C., Dessein, J., Drąg, Z., Fink-Kessler, A., Gasselin, P., de Molina, M. G., Gorlach, K., Jürgens, K., Kinsella, J., Kirwan, J., Knickel, K., Lucas, V., Marsden, T., Maye, D., Migliorini, P., Milone, P., Noe, E., Nowak, P., Parrott, N., Peeters, A., Rossi, A., Schermer, M., Ventura, F., Visser, M., & Wezel, A. (2019). The economic potential of agroecology: Empirical evidence from Europe. *Journal of Rural Studies*, 71, 46–61. doi: 10.1016/j.jrurstud.2019.09.003

15. Mihelič, R., Pečnik, J., Glavan, M., & Pintar, M. (2021). Impact of sustainable land management practices on soil properties: example of organic and integrated agricultural management. *Land*, 10 (1), 8. doi: 10.3390/land10010008

16. Berbeć, A. K., Feledyn-Szewczyk, B., Thalmann, C., Wyss, R., Grenz, J., Kopiński, J., Stalenga, J., & Radzikowski P. (2018). Assessing the sustainability performance of organic and low-input conventional farms from Eastern Poland with the RISE Indicator System. *Sustainability*, 10 (6), 1792. doi: 10.3390/su10061792

17. Lynch, J., Skirvin, D., Wilson, P., & Ramsden S. (2018). Integrating the economic and environmental performance of agricultural systems: A demonstration using farm business survey data and farmscoper. *Science of The Total Environment*, 628–629, 938–946. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.256

18. Shrestha, J., Subedi, S., Krishna, U., Timsina, P., Chaudhar, A., Kandel, M., & Tripathi, S. (2020). Conservation agriculture as an approach towards sustainable crop production: A Review. *Farming and Management*, 5 (1), 7–15. doi: 10.31830/2456-8724.2020.002

19. Skrypchuk, P., Zhukovskyy, V., Shpak, H., Zhukovska, N., & Krupko, H. (2020). Applied aspects of humus balance modelling in the Rivne region of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*, 21 (6), 42–52. doi: 10.12911/22998993/123255

20. Teasdale, J. R., & Cavigelli, M. A. (2017). Meteorological fluctuations define long-term crop yield patterns in conventional and organic production systems. *Scientific Reports*, 7, Article number: 688. doi: 10.1038/s41598-017-00775-8

21. Peltonen-Sainio, P., & Jauhiainen, L. (2019). Risk of Low Productivity is Dependent on Farm Characteristics: How to Turn Poor Performance into an Advantage. *Sustainability*, 11 (19), 5504. doi: 10.3390/su11195504

22. Sarkar, D., Kar, S. K., Chattopadhyaya, A., Shikha, Rakshit, A., Tripathi, V. K., Dubey, P. K., & Abhilash, P. C. (2020). Low input sustainable agriculture: A viable climate-smart option for boosting food production in a warming world. *Ecological Indicators*, 115, 106412. doi: 10.1016/j.ecolind.2020.106412

23. Petrychenko, V., Korniychuk, O., & Voronetska, I. (2018). Biological farming in conditions of transformational changes in the agrarian production of Ukraine. *Agricultural Science and Practice*, 5 (2), 3–12. doi: 10.15407/agrisp5.02.003

24. Bazaluk, O., Yatsenko, O., Zakharchuk, O., Ovcharenko, A., Khrystenko, O., & Nitsenko, V. (2020). Dynamic development of the global organic food market and opportunities for Ukraine. *Sustainability*, 12 (17), 6963. doi: 10.3390/su12176963

25. Marenych, M. M., Diazhuk, R. U., Ivaniuta, O. O., & Merezen, N. L. (2021). Peculiarities of winter wheat yield formation in organic plants under insufficient moistening. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 126–132. doi: 10.31210/visnyk2021.04.16

26. Cherenkov, A. V., & Rybka, V. S. (Eds.). (2014). *Naukovo-praktychnyi dovidnyk po obgruntuvanniu poelementnykh normatyviv trudovykh, hroshovo-materialnykh ta enerhetychnykh vytrat na vyrobnytstvo zernovykh kultur*. Dnipropetrovsk [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 12.04.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Маренич М. М., Дяжук Р. У. Економічна ефективність вирощування органічної пшениці в умовах недостатнього зволоження Степу України. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 92–99.

© Маренич Микола Миколайович, Дяжук Роман Улянович, 2022

Agriculture. Plant growing
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 631.92:95 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.11**

VARIETAL REPLACEMENT IN THE EXPERIMENT "CONTINUOUS CULTIVATION OF WINTER RYE"

Yu. Biliavskyi[1]* ORCID 0000-0002-8909-5127
L. Biliavska[1] ORCID 0000-0003-3856-7718
M. Sokyrko[2] ORCID 0000-0002-6705-2927

[1] Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine
[2] Poltava State Agricultural Experimental Station named after M. I. Vavilov of the Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 86, Shvedska St., Poltava, 36014, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: Belyavskiyuv@ukr.net

How to Cite

Biliavskyi, Yu., Biliavska, L., & Sokyrko, M. (2022). Varietal replacement in the experiment "Continuous cultivation of winter rye." Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 100–106. doi: 10.31210/visnyk2022.02.11

The article provides the results of analysis of varietal composition of winter rye (Secale cereal L.) in a multi-year experiment "Constant cultivation of winter rye", which has been conducted at the Poltava State Agricultural Research Station named after M.I. Vavilov of Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production of NAAS for 137 years. The period of use of each individual variety in the experiment, the yield and its fluctuations during the cultivation period were shown. The variety remains the main factor in increasing crop yields. Varietal replacement is the replacement of one variety with another that better meets modern production requirements. It is carried out as new varieties are registered in order to increase yields and improve product quality. Recently, there has been a dynamic renewal of varietal composition of winter rye. The State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine in 2021 includes 56 varieties and hybrids of this crop. The share of varieties of foreign selection gradually increased to 47%. However, today the varieties of Ukrainian selection are quite competitive. During the period of the experiment on the constant cultivation of winter rye used 9 varieties. The first in the experiment was the Probstein variety, which was sown for 23 years (1885–1907). The shortest period of use (3 years) was in the variety Poltavske (1908–1910), and the longest (50 years) was in the variety Petkusske (1911–1960) Since 1961, varietal replacement has been performed by varieties of breeding of the Plant Production Institute named after V. Ya. Yuriev of NAAS of Ukraine – Kharkivske 194 (1961–1964) Kharkivske 55 (1965–1982), Kharkivske 78 (1983–1992), Kharkivske 88 (1993–1998), Kharkivske 95 (1999–2009), Khamarka (2010–2021). Usually, varietal change in this experiment is carried out based on the results of production varietal testing in the station. Thus, in 2008–2009, among the new varieties of winter rye Kharkivske 95, Kharkivske 98, Hasto, Hamarka, Pervistok F1, Yurgivets F1, the best variety was Hamarka, which was used for the next 12 years. In 2022, it was decided to replace the Hamarka variety in Pamiat Khudoierko.

Key words: *seeds, varieties, yield, production testing, indicators of economic suitability.*

СОРТОЗМІНА В ДОСЛІДІ «БЕЗЗМІННЕ ВИРОЩУВАННЯ ЖИТА ОЗИМОГО»

***Ю. В. Білявський*[1], *Л. Г. Білявська*[1], *М. П. Сокирко*[2]**
[1] Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна
[2] Полтавська державна сільськогосподарська дослідна станція імені М. І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН, м. Полтава, Україна

У статті представлено результати аналізу сортового складу жита озимого посівного (Secale cereale L.) у багаторічному досліді «Беззмінне вирощування жита озимого», який проводять на Полтавській державній сільськогосподарській дослідній станції імені М. І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН протягом 137 років. Показано тривалість використання кожного окремого сорту в досліді, урожайність та її коливання протягом періоду вирощування. Сорт залишається головним фактором у підвищенні врожайності культури. Сортозаміна – це заміна одного сорту іншим, який більше відповідає сучасним вимогам виробництва. Здійснюється вона по мірі реєстрації нових сортів із метою збільшення врожайності та покращення якості продукції. Останнім часом спостерігається динамічне оновлення сортового складу жита озимого. У Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, станом на 2021 рік занесено 56 сортів та гібридів цієї культури. Частка сортів іноземної селекції поступово збільшилась до 47 %. Однак нині сорти української селекції досить конкурентоспроможні. За період ведення досліду з беззмінного вирощування жита озимого використовували 9 сортів. Першим у досліді був сорт Пробштейнське, який висівали 23 роки (1885–1907 рр.). Найменший період використання (3 роки) був у сорту Полтавське (1908–1910 рр.), а найтриваліший (50 років) – у сорту Петкуське (1911–1960 рр.). З 1961 року сортозміну проводили сортами селекції Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН – Харківське 194 (1961–1964 рр.) Харківське 55 (1965–1982 рр.), Харківське 78 (1983–1992 рр.), Харківське 88 (1993–1998 рр.), Харківське 95 (1999–2009 рр.), Хамарка (2010–2021 рр.). Зазвичай сортозміна у цьому досліді проводиться за результатами виробничого сортовипробування в умовах станції. 2008–2009 років з-поміж нових сортів жита озимого Харківське 95, Харківське 98, Хасто, Хамарка, Первісток F1, Юр'ївець F1 кращим був сорт Хамарка, який використовували наступні 12 років. 2022 року вирішено замінити сорт Хамарка на Пам'ять Худоєрко.

Ключові слова: *насіння, сорти, урожайність, виробниче випробування, показники господарської придатності.*

Вступ

Жито посівне озиме (*Secale cereal* L.) – витривала й маловимоглива культура з високою холодостійкістю та посухостійкістю. Це – традиційна продовольча культура України [1]. Її цінність визначається значним вмістом у зерні білків (12,8 %), які багаті на незамінні амінокислоти та велику кількість легкозасвоюваних вуглеводів, комплекс вітамінів, високу калорійність [2]. Культура поширена в Канаді, США, Аргентині, Туреччині, Казахстані та Китаї. Кожна країна вирощує жито звичайне переважно для власних потреб [3]. Але його споживання у світі знижується. Міжнародна торгівля майже відсутня. Експорт культури – не значний, виробництво знижується. Нині насінництву та сортозаміні культури у виробництві приділяється недостатньо уваги [4].

Сортозаміна – це заміна сорту іншим сортом, здійснюється по мірі занесення нових сортів до Реєстру сортів з метою заміни у виробництві старих новими, більш урожайними, з кращою якістю продукції та іншими господарсько-цінними ознаками і властивостями [5]. Нові сорти істотно перевищують старі за врожайністю та іншими селекційно-цінними ознаками. Сучасні сорти жита озимого мають високу адаптивність, стабільну урожайність, короткостебельність, стійкість проти вилягання й хвороб, нижчі втрати зерна за стікання [6]. Вони забезпечують високу прибутковість та рентабельність виробництва. Тому сьогодні як й раніше сорту належить важлива роль [7]. Для збільшення врожайності культури потрібно впроваджувати у практику найкращі сорти й постійно підвищувати якість насіннєвого матеріалу [8, 9]. Виробництво високоякісного насіння в необхідних обсягах для своєчасної сортозаміни, особливо в жорстких кліматичних умовах, досить важливе й актуальне [10–14].

Метою наших досліджень передбачено розглянути та проаналізувати сортозаміну жита звичайного озимого; прослідкувати тенденції щодо подальшої підтримки важливої продовольчої

культури; вивчити сортовий склад жита у довгостроковому досліді беззмінного вирощування жита озимого (найтриваліший науковий експеримент в Україні, м. Полтава); проаналізувати показники господарської придатності сортів жита озимого в роки їх використання в досліді. Об'єкт дослідження: тривалість використання сортів, коливання врожайності різних сортів жита озимого, особливості сортозаміни в досліді. Предмет досліджень: сортозаміна в досліді «Беззмінне вирощування жита озимого».

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили в умовах Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції імені М. І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН України на ділянці із беззмінного вирощування жита звичайного озимого (рис. 1).

Посівна та облікова площа – 0,4 га (широта 49°36' пн.ш., довгота 34°33'сх.д., висота над рівнем моря: 131 м). Повторність – одноразова. Головна відмінність від інших беззмінних посівів – постійна агротехніка вирощування, відсутність застосування за весь час тривалої монокультури добрив і засобів захисту рослин та передпосівної обробки насіння будь-якими протруйниками та стимуляторами росту.

Рис. 1 Схематичне розміщення історичної ділянки «Беззмінне вирощування жита озимого» на території Полтавської ДСГДС імені М. І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН

Насіннєвий матеріал – елітне насіння жита відповідного сорту. Головні елементи технологічного процесу визначені багаторічним досвідом. Ґрунт темно-сірий опідзолений. Аналізували урожайність сортів. Застосовували загальні методи досліджень: польовий (взаємодія з абіотичними, біотичними та антропогенними факторами); підрахунково-ваговий (біометричні параметри, морфологічні, біологічні особливості сортів); лабораторний, статистичний, порівняльно-розрахунковий [15].

Результати досліджень та їх обговорення

Довгострокові стаціонарні польові досліди є прикладом комплексної роботи наукових установ, закладів вищої освіти, державних агрохімічних центрів [16]. Цінність багаторічних наукових досліджень пропорційна тривалості стаціонару та зростає по мірі наближення дослідної ділянки до стійкої екофітоценотичної рівноваги. До найбільш довготривалих польових дослідів належить Полтавський експеримент з беззмінного вирощування жита озимого, який триває 137 років. Цей дослід започатковано 1884 року. У структурі посівних площ Полтавської губернії 1900 року жито озиме займало 27 % з урожайністю 0,89 т/га, а пшениця озима – 5,9 % з урожайністю 0,92 т/га. Тоді використовували європейські сорти з більш високим генетичним потенціалом. Назви цих сортів походили загалом від регіону їх культивування: Рейнське, Гетингенське, Венгерське, Румунське, Римське, Португальське, Абіссинське, Астраханське, Подільське, Петербурзьке, Сибірське, Українське, Фінське та ін. Найбільш поширенимии були сорти Пробштейське, Альпійське, Кампинське, Шампанське, Шланштедське, Загницьке, Бестегорне.

За період ведення досліду із беззмінного вирощування жита озимого сортозміну проводили 9 разів. (табл. 1).

1. Сортовий склад та їх врожайність (1885–2022 рр.) у досліді із беззмінним вирощуванням озимого жита на Полтавській державній сільськогосподарській дослідній станції імені М. І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН України

Сорт	Роки використання	Тривалість періоду використання, рр.	Урожайність, т/га			Відхилення від середньої у досліді, т/га
			min	max	середня	
Пробштейнське	1885–1907	23	0,35	2,38	1,05	-0,13
Полтавське	1908–1910	3	1,15	1,66	1,37	+0,19
Петкуське	1911–1960	50	0,15	1,89	1,13	-0,05
Харківське 194	1961–1964	4	0,78	1,02	0,93	-0,25
Харківське 55	1965–1982	18	0,59	2,28	1,51	+0,33
Харківське 78	1983–1992	10	0,70	2,26	1,58	+0,40
Харківське 88	1993-1998	6	0,56	1,40	1,15	-0,03
Харківське 95	1999–2009	11	0,34	1,79	0,89	-0,29
Хамарка	2010–2021	12	0,25	1,90	1,02	-0,16
Середнє					1,18	

Першим у досліді висівали сорт Пробштейнське, який використовували 23 роки (1885–1907 рр.). Найменший період використання (3 роки) був у сорту Полтавське (1908–1910 рр.), а найтриваліший (50 років) – у сорту Петкуське (1911–1960 рр.). З 1961 року сортозміну проводили завдяки селекційним розробкам Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН – Харківське 194 (1961–1964 рр.) Харківське 55 (1965–1982 рр.), Харківське 78 (1983–1992 рр.), Харківське 88 (1993–1998 рр.), Харківське 95 (1999–2009 рр.), Хамарка (2010–2021 рр.).

Аналіз урожайності у досліді показав, що максимальною вона була у сорту Пробштейнське 1887 року (2,38 т/га), а мінімальною (0,15 т/га) – у сорту Петкуське 1954 року. Середня урожайність по досліду за роки досліджень становила 1,18 т/га. Найбільше позитивне відхилення середньої урожайності від середнього значення цього показника в досліді (0,4 т/га) відмічено в сорту Харківське 78, яке висівали протягом 10-ти років (1983–1992 рр.). Найбільше негативне відхилення (-0,29) встановлено у сорту Харківське 95 за 11-річний період використання (1999–2009 рр.). На виробничих посівах Полтавщини найвищу врожайність жита озимого спостерігали в період з 1985 по 1994 роки. 1987 року вона становила 3,56 т/га, 1989 р. – 3,69 т/га, 1990 р. – 3,79 т/га, 1992 р. – 3,07 т/га, 1994 р. – 3,48 т/га, 2008 р. – 3,50 т/га.

Посівні площі жита озимого в Україні скорочуються. Якщо 1940 р., вони становили 3,6 млн га, то 1980 р. – 799 тис. га; 1997 р. – 694,7 тис. га; 1998 р. – 682,8 тис. га; 2004 р. – 740 тис. га; 2015 р. – 150,0 тис. га; 2020 р. – 123,69 тис. га. А пропозиція сортів цієї культури постійно збільшується. До Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, станом на 2018 р. занесено 36 сортів і гібридів, на 2019 р. – 40, а на 2022 р. – 113 сортів та гібридів [17]. Останнє десятиріччя чітко спостерігається тенденція до збільшення сортів іноземної селекції – від 6 % до 47 %. Водночас конкурентоспроможність сортів вітчизняної селекції переважає [18].

Національні сортові ресурси жита озимого формуються переважно завдяки селекційним розробкам установ НААН України. Найбільш пристосованними до ґрунтово-кліматичних умов Полтавщини є селекційні розробки Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН: сорти Харківське 98, Сіріус, Хамарка, Стоір, Пам'ять Худоєрко, та гібриди Первісток, Слобожанець, Юр'ївець, Харлей [19]. Гібриди жита характеризуються вищою стабільністю, продуктивністю, стійкістю проти вилягання та хвороб, високою масою 1000 насінин, адаптивністю до стресових явищ [20–22]. У досліді із беззмінного вирощування жита озимого використовують тільки сорти.

Для остаточного вирішення питання наступного сорту в досліді, необхідно проводити екологічно-виробниче сортовипробування нових сортів жита озимого в умовах наукової установи [23]. Зазвичай сортозміну в цьому досліді проводять за результатами виробничого сортовипробування в умовах станції. Наприклад, 2008 року на суміжному з дослідом «Беззмінне вирощування жита озимого» полі було проведено виробниче випробування сортів та гібридів жита озимого (рис. 2–5).

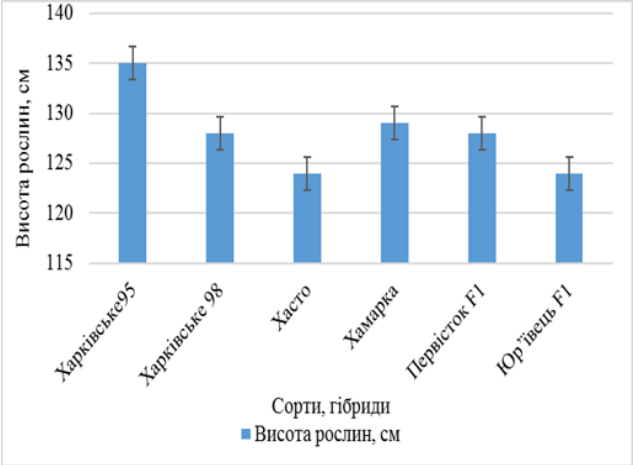


Рис. 2. Висота рослин (см) жита озимого різних сортів

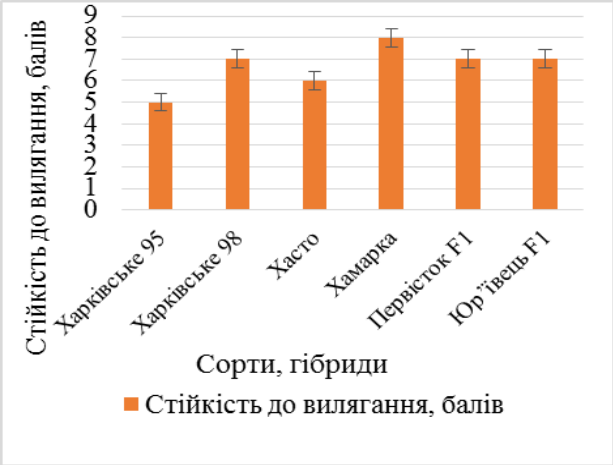


Рис. 3. Стійкість до вилягання (бал) рослин жита озимого різних сортів

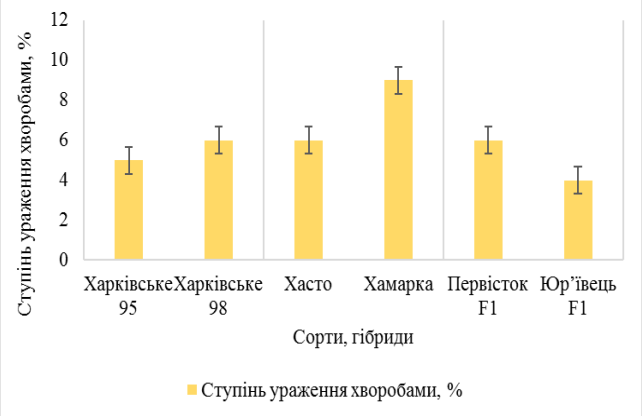


Рис. 4. Ступінь ураження хворобами (бал) рослин жита озимого різних сортів

Рис. 5. Урожайність (т/га) рослин жита озимого різних сортів

Серед них – Харківське 95, яке вже 11 років висівали у досліді із беззмінного вирощування жита озимого, та нові сорти Харківське 98, Хасто, Хамарка й гібриди Первісток і Юр'ївець. Найменшу урожайність відмічено у сорту Харківське 95. Найбільшу врожайність (5,5 т/га) сформував сорт Хамарка. Також він мав найвищу серед досліджуваних сортів стійкість проти вилягання – 8 балів, а стійкість проти хвороб – 9 балів. Отже, було ухвалене рішення у досліді «беззмінне жито» провести чергову (8-у) сортозаміну й замість сорту Харківське 95 висівати сорт Хамарка. Його використовували 12 років, а 2022 р. замінили новим сортом харківської селекції – Пам'ять Худоєрко.

Висновки

Полтавський довготривалий дослід беззмінного вирощування жита озимого на постійній ділянці, з наукового погляду, досі не втратив своєї актуальності.

Середня урожайність зерна жита в досліді за 137 років спостережень становить 1,18 т/га. Вона змінювалася під впливом погодних умов року та пристосованості сортів. Результати експерименту є ще одним доказом важливості сорту серед комплексу інших факторів у вирощуванні культури.

Проведення останніми десятиріччями науково обгрунтованих сортозамін новими високоадаптивними сортами стримує різке зниження урожайності за умови беззмінного вирощування жита озимого.

Перспективи подальших досліджень. У подальшому сортозміну в досліді необхідно проводити тільки за результатами виробничого випробування сортів, що рекомендовані для зони, у якій розташована наукова установа.

References

1. Biliavska, L. H., Biliavskyi, Yu. V., Diyanova, A. A., & Mirny, N. V. (2021). Drought-resistant soybean varieties for Steppe and Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 67–74. doi: 10.31210/visnyk2021.01.16

2. Sokirko, M. P., Biliavska, L. H., & Biliavskyi, Yu. V. (2021). Yakist zerna bezzminnogo zhita ozimogo. *Innovatsii upravlinnya produktivnistyu ta polipshennya yakosti zerna pshenitsi ozimoi, prisvyachena pamyati profesora G. P. Zhemeli: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii*. Poltava: PDAU. [In Ukrainian].

3. Biliavska, L. H., & Biliavskyi, Yu. V. (2021). Suchasni napryami vikoristannya zhita zvichaynogo [ozimogo] (*Secale cereale* L.). *Innovatsii upravlinnya produktivnistyu ta polipshennya yakosti zerna pshenitsi ozimoi, prisvyachena pamyati profesora G. P. Zhemeli: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii*. Poltava: PDAU. [In Ukrainian].

4. Budnyak, N. M. (2013). Formuvannya rinku nasinnya zernovikh kolosovikh. Yekonomika APK, 7, 40–44. [In Ukrainian].

5. Dziubetskyi, B. V., Cherchel, V. Iu., Kyrpa, M. Ia., Aldoshyn, A. V., Satarova, T. M., Vashchenko, V. V., Bodenko, N. A., & Tahantsova, M. M. (2021). *Slovnyk terminiv iz selektsii, biotekhnolohii ta nasinnytstva polovykh kultur*. Kyiv: Ahrarna nauka [In Ukrainian].

6. Dytso, O. V. (2017). Sortovi osoblyvosti formuvannia nasinnievoi produktyvnosti y posivnykh yakostei nasinnia zhyta ozymoho v umovakh zakhidnoho Lisostepu Ukrainy. *Candidate's thesis*. Obroshyno [In Ukrainian].

7. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini na 2020 rik. *Ministerstvo ahrarnoi polityky ta prodovolstva Ukrainy*. Kyiv. Retrieved from: http://apk.kr-admin.gov.ua›doc [In Ukrainian].

8. Zinchenko, O. I. (red.). (2001). *Roslynnytstvo: pidruchnyk*. Kyiv: Ahrarna osvita [In Ukrainian].

9. Derzhavnyi reiestr subiektiv nasinnytstva ta rozsadnytstva na 2020 rr. *Ministerstvo ahrarnoi polityky ta prodovolstva Ukrainy*. Kyiv. Retrieved from: https://agro.me.gov.ua/storage/app/uploads/public/5f2/d0a/bb0/5f2d0abb03e71933845769.pdf. [In Ukrainian].

10. Malakhovskyi, D. V. (2012). Stan problemy rozvytku nasinnytstva zernovykh kultur v Ukraini. *Ahrosvit*, 4, 38–43. [In Ukrainian].

11. Ulich, L. I. (2007). Stroky sivby ozymoi pshenytsi v umovakh zminy klimatu. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 10, 26–29. [In Ukrainian].

12. Rudnyk-Ivashchenko, O. I. (2012). Osoblyvosti vyroshchuvannia ozymykh kultur za umov zmin klimatu. *Plant Varieties Studying and Protection*, 2, 8–10. doi: 10.21498/2518-1017.2(16).2012.58894 [In Ukrainian].

13. Tkachyk, S. O. (Red.). (2016). *Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Zahalna chastyna: 4-te vydannia*. Vinnytsia: Nilan-LTD [In Ukrainian]

14. Krakovska, S. V., Hnatiuk, N. V., Shpytal, T. M., & Palamarchuk, L. V. (2016). Proektsii zmin pryzemnoi temperatury povitria za danymy ansambliu rehionalnykh klimatychnykh modelei u rehionakh Ukrainy v XXI stolitti. *Naukovi Pratsi Ukrainskoho Naukovo-Doslidnoho Hidrometeorolohichnoho Instytutu*, 268, 33–44. [In Ukrainian].

15. Molotskiy, M. Ya., Vasilkivskiy, S. P., Knyazyuk, V. I., & Vlasenko, V. A. (2006). *Selektsiya i nasinnitstvo silskogospodarskikh roslin: Pidruchnik*. Kyiv: Vishcha osvita [In Ukrainian].

16. Biliavskyi, Yu. V. (2014). Bessmennye posevy Ukrainy. *Istoriia osvity, nauky i tekhniky v Ukraini: materialy IX Vseukrainskoi konferentsii molodykh uchenykh ta spetsialistiv*. Kyiv: NAAN, DNSHB, NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN», Panfylska doslidna stantsiia. [In Russian; In Ukrainian].

17. Vcheni doslidyly sorty ozymoho zhyta dlia riznykh klimatychnykh umov (2022). *Sluzhba novyn IAS "Ahrarii razom"* Retrieved from: https://agrarii-razom.com.ua/news-agro/vcheni-doslidili-sorti-ozimogo-jita-dlya-riznih-klimatichnih-umov [In Ukrainian].

18. Dymytrov, S. H., & Kolesnichenko, O. V. (2019). Novi sorty zhyta posivnoho ozymoho v Ukraini. *Svitovi roslyni resursy: stan ta perspektyvy rozvytku: Materialy V Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. Kyiv: TOV "Nilan LTD" [In Ukrainian]

19. Yehorov, D. K. (2012). Rentabelnist innovatsiinykh tekhnolohii v nasinnytstvi hibrydiv zhyta ozymoho na diliankakh hibrydyzatsii. *Visnyk Tsentru Naukovoho Zabezpechennia APV Kharkivskoi Oblasti*, 13, 99–105. [In Ukrainian].

20. Sabluk, V. T., Kyienko, Z. B., & Dymytrov, S. H. (2018). Analysis of varietal resources of rye (*Secale cereale* L.) in the State Register of Plant Varieties of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14 (4), 431–439. doi: 10.21498/2518-1017.14.4.2018.151914

21. Manko, K. M. (2011). Urozhainist suchasnykh sortiv i hibrydiv zhyta ozymoho zalezhno vid fonu zhyvlennia ta norm vysivu. *Selektsiia i Nasinnytstvo*, 99, 178–184. doi: 10.30835/2413-7510.2011.66083 [In Ukrainian].

22. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini na 2021 rik. *Ministerstvo ahrarnoi polityky ta prodovolstva Ukrainy*. Kyiv. Retrieved from: https://agro.me.gov.ua/storage/app/uploads/public/608/12f/4b5/60812f4b591ea587635116.pdf [In Ukrainian].

23. Voloshchuk, I. S., Voloshchuk, O. P., Gliva, V. V., Ditso, O. V., Bilovus, G. Ya., & Kovalchuk, O. I. (2017). *Kompleksna otsinka sortiv zhita ozimogo za viroshchuvannya v gruntovo-klimatichnikh umovakh Zakhidnogo Lisostepu Ukrainy: monohrafiia*. Lviv: Spolom [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 12.04.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Білявський Ю. В., Білявська Л. Г., Сокирко М. П. Сортозміна в досліді «Беззмінне вирощування жита озимого». *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 100–106.

© Білявський Юрій Вікторович, Білявська Людмила Григорівна, Сокирко Михайло Петрович, 2022

Agriculture. Plant growing
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 631.8:574:575 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.12**

PERFORMANCE OF PLANT GROWTH REGULATORS IN SUNFLOWER GROWING TECHNOLOGY UNDER THE CONDITIONS OF GLOBAL CLIMATE CHANGE

O. Laslo ORCID 0000-0002-0101-4442

Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine
E-mail: oksana.laslo@pdaa.edu.ua

How to Cite

Laslo, O. (2022). Indicators of efficiency of application of plant growth regulators in sunflower growing technology in the conditions of global climate change. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 107–112. doi: 10.31210/visnyk2022.02.12

Numerous studies of agronomic practice regarding the impact of plant growth regulators on the productivity of oilseeds, in particular sunflowers, contribute to a new search for ways and rates of application to increase seed productivity. Studies on this issue highlight the advantages and disadvantages of drugs used for the pre-sowing treatment of sunflower seeds. Disadvantages of growth regulators include the inhibition of action and reduction of phytotoxic effect on weeds. The advantages of using pre-sowing treatment with biological regulators of sunflower plant growth are much greater, as evidenced by numerous research results on this issue, among which the main ones are the increase in crop productivity. The article presents the features of the influence of biological growth regulators Polymixobacteryn, Phosphoenteryn and Vympel-K on the productivity of sunflower hybrids Bosfora and Estrada. The effectiveness of the drugs varied depending on the characteristics of their active substance, but the most significant was the effect of sunflower seed treatment with biological growth regulator Vympel-K, with the weight of 1000 seeds increased by 15 %, seed weight from the basket by 20 %, yield increased by 14 %. The use of Polymixobacteryn in variant 2 of the regulator in seed treatment contributed to an improvement of 10 %; 9 %; 9 %. The use of Phosphoenteryn for seed treatment resulted in an increase of 13%; 19%; 12% compared with the control. However, there was a decrease in biometrics for all growth regulators on the Bosfora hybrid compared to the Estrada hybrid. Thus, the area of plant leaves in the variant with the use of the drug Vympel- K on the Bosfora hybrid was lower by 17 %, and the dry weight of plants by 49 % compared to the hybrid Estrada. The use of growth regulators for the pre-sowing treatment of sunflower seeds has made it possible to show the potential of hybrids, namely Estrada, which has revealed its genetic potential through the use of new generation plant growth stimulants, as evidenced by increased crop yields and productivity.

Key words: *plant growth stimulants, sunflower, biometric indicators, productivity, yield.*

ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ ЗА УМОВ ГЛОБАЛЬНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

О. О. Ласло
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Численні дослідження агрономічної практики стосовно впливу регуляторів росту рослин на продуктивність олійних культур, зокрема соняшнику сприяють новому пошуку способів та норм унесення для підвищення продуктивності насінини. У дослідженнях із цього питання висвітлено переваги і недоліки препаратів, що використовували для передпосівної обробки насіння соняшнику. З

недоліків РРР виявлено пригнічення дії та зниження фітотоксичного ефекту на бур'яновий компонент. Переваг за умови використання передпосівної обробки біологічними регуляторами росту рослин соняшнику значно більше, про що свідчать численні результати досліджень, серед яких головними є підвищення продуктивності посівів. У статті наведені дані особливостей впливу біорегуляторів росту Поліміксобактерин, Фосфоентерин та Вимпел-К на продуктивність гібридів соняшнику Босфора та Естрада. Ефективність препаратів змінювалась залежно від особливостей їх діючої речовини, але найбільш вагомим був вплив обробки посівного матеріалу соняшнику біорегулятором Вимпел-К, при цьому маса 1000 насінин зросла на 15 %, маса насіння з кошика на 20 %, відповідно показник урожайності збільшився на 14 %. Застосування у варіанті 2 регулятора Поліміксобактерин при обробці насіння сприяло покращенню показників на 10 %; 9 %; 9 %. Застосування для обробки насіння Фосфоентерин дало змогу підвищити показники порівняно з контролем на 13 %; 19 %; 12 %. Проте відмічено зниження біометричних показників за умови обробки усіма регуляторами росту на гібриді Босфора порівняно з гібридом Естрада. Так, площа листя рослин на кращому варіанті із застосуванням препарату Вимпел-К на гібриді Босфора була нижче на 17 %, а суха маса рослин на 49 % до показників гібрида Естрада. Застосування регуляторів росту для передпосівної обробки насіння соняшнику безперечно дало можливість розкрити потенціали гібридів, а саме гібрида Естрада, який розкрив свій генетичний потенціал за умови використання стимуляторів росту рослин нового покоління, про що свідчить збільшення урожайності культури та підвищення показників продуктивності.

Ключові слова: *стимулятори росту рослин, соняшник, біометричні показники, продуктивність, урожайність.*

Вступ

Наразі виробництво соняшнику та підвищення його ефективності можливе за рахунок мінімізації й застосування ресурсозберігаючих технологій вирощування, метою яких є одержання стабільних урожаїв культури при економічній доцільності засобів вирощування. До компонент агротехніки слід віднести раціоналізацію та науково обґрунтовану систему удобрення під запланований урожай, застосування рістрегулюючих речовин та засобів захисту малотоксичної групи [1, 5]. Вагому роль серед рістрегулюючих препаратів відіграють мікробіологічні, що посилюють фіксування атмосферного азоту та сприяють мобілізації фосфорних сполук у ґрунті, оскільки за рахунок описаного процесу витрати добрив зменшуються, окрім того спостерігається повна реалізація генетичного потенціалу гібридів соняшнику [4, 7, 13].

Ефективність виробництва олійних культур у нашій країні останніми десятиріччями призвела до появи проблем, пов'язаних із перенасиченням сівозмін соняшником. Збільшення виробництва насіння олійних можливе за рахунок удосконалення елементів технології вирощування, важливим з яких є раціональне використання добрив та регуляторів росту рослин. Ефективність застосування комплексних добрив у посівах соняшнику в різних агрокліматичних зонах відрізняється [6, 8, 15].

Фон удобрення соняшнику є одним з основних елементів у технології вирощування, оскільки внесення добрив збільшує вміст у ґрунті доступних рослинам елементів мінерального живлення та стимулює ростові процеси. При цьому змінюється хімічний склад ґрунту, його фізичні та фізико-хімічні властивості. Покращання мінерального живлення позитивно впливає на процеси фотосинтезу, забезпечує нормальний ріст і розвиток рослин, формування врожаю та якість насіння [11].

Україна залишається найбільшим виробником насіння соняшнику, що цінується за продуктивність, прибутковість, запашну олію, шрот, насіння. Нині великого значення приділяють упровадженню технології вирощування соняшнику із застосуванням елементів, якими в органічному землеробстві є регулятори росту рослин (РРР). Це препарати природного чи синтетичного походження, що використовують для обробки рослин сільськогосподарських культур, щоб стимулювати зміни у процесах їхньої життєдіяльності [2, 3, 10]. Тобто це – не поживні речовини чи добрива, а фактори керування ростом і розвитком рослин.

Під час досліджень у науково-дослідних установах виявлено широку позитивну дію регуляторів росту рослин, відмічено, що нові регулятори росту за своєю ефективністю й технологічними показниками і рівнем вартості мають значні переваги порівняно із пестицидами [12, 14].

Спектр дії регуляторів росту досить широкий, насамперед, – це регуляція репродуктивних процесів рослин на різних етапах онтогенезу, підвищення урожайності, покращення якості зерна,

підсилення стійкості рослин до несприятливих факторів середовища, зменшення пестицидного навантаження [2, 14, 16].

Відмічено, що створення захисної оболонки насіння шляхом передпосівної обробки рістрегулюючими препаратами забезпечує сприятливі умови для стартового росту сільськогосподарських культур – підвищення енергії проростання, польової схожості, ефективний захист від факторів довкілля [2, 3, 17].

Стимулятори та регулятори росту підвищують імунітет рослин до несприятливих факторів природи, до вірусних, бактеріальних і грибних захворювань, сприяють збільшенню вмісту білків та вітамінів, знижують фітотоксичність пестицидів. Результати дослідів доводять, що при проникненні грибкової інфекції в рослинні клітини на перших етапах і на слабких природних інфекційних фонах спостерігається досить активне зарубцювання пошкоджених точок листкового апарату [18, 19].

Дія регуляторів підвищує виділення нектару та збільшує пилкову продуктивність соняшнику. Цей фактор створює сприятливе фізіологічне середовище для формування повноцінного насіння і підвищення продуктивності та медоносності культури. Рістрегулюючі препарати не замінюють добрива, а доповнюють їх у системі удобрення культур, підвищують коефіцієнт використання поживних елементів з добрив. За своєю ефективністю гектарна доза регуляторів, як зазначили в наукових працях низка дослідників, прирівнюється до дії добрив на рівні $N_{20\text{-}30}P_{20\text{-}30}K_{20\text{-}30}$ діючої речовини [20].

Рістстимулюючі речовини застосовують для передпосівної обробки насіння або для обприскування посівів у певні періоди розвитку рослин. Так, для соняшнику – це 3–5 пар справжніх листків.

Вплив біостимуляторів на ріст продуктивності сільськогосподарських культур пов'язаний з тим, що вони інтенсифікують життєдіяльність клітин рослинних організмів, підвищують проникність міжклітинних мембран та прискорюють у них біохімічні процеси, що призводить до посилення процесів живлення, дихання та фотосинтезу. Відмічається також підвищення стійкості сільськогосподарських культур до несприятливих погодних умов й ураження їх шкідниками і хворобами. Окрім того, під впливом РРР відбувається більш повна реалізація генетичного потенціалу рослин [12, 17, 20].

У майбутньому збільшення валових зборів насіння соняшнику має відбуватися за рахунок підвищення урожайності, удосконалення технологій вирощування культури, генетичного потенціалу гібридів та культури землеробства. Для цього необхідно використовувати заходи і речовини, які позитивно впливають на життєдіяльність рослин і посівів соняшнику як цілої біологічної системи. У переліку таки заходів необхідно відмітити гібридний склад насіннєвого матеріалу, використання біостимуляторів росту рослин, мікродобрив та гербіцидів [6, 8, 17, 19].

Отже, в оптимізації умов мінерального живлення соняшнику винятково важливе значення має зменшення забур'яненості ґрунту і посівів шляхом підвищення конкурентоздатності культурних рослин, зокрема й за рахунок стимуляції росту.

Метою наших досліджень було детальне вивчення й аналіз особливостей використання регуляторів росту в посівах соняшнику.

Завдання дослідження: визначити ефективність впливу регуляторів росту на біометричні показники та продуктивність гібридів соняшнику.

Матеріали і методи досліджень

У дослідженнях використані польовий, лабораторний, математично-статистичний, розрахунково-порівняльний методи [9]. Схема досліду передбачала такі варіанти: Контроль (без обробки); Фосфоентерин (0,8 л/т); Поліміксобактерин (12 л/т); Вимпел-К (500 г/т).

Повторність досліду чотириразова, облікова площа 50 м^2. Розміщення ділянок послідовне.

Об'єктами досліджень були препарати: **Фосфоентерин** (д.р. *Enterobacter nimipressuralis 32-3*); призначення – передпосівна обробка насіння культур з метою покращення фосфорного живлення рослин, сприяє активізації ростових процесів, посилює імунітет рослин; покращує стійкість до несприятливих умов середовища. **Поліміксобактерин** призначений для поліпшення фосфорного живлення соняшнику (еквівалентне внесенню 15–30 кг д. р. мінеральних фосфорних добрив). **Вимпел-К** посилює клітинне дихання, підвищує ефективність біопрепаратів, протруйників та мікродобрив на 25–30 %; знімає пестицидний стрес, стабілізує життєдіяльність природної

мікрофлори ґрунту навколо насіння, захищає рослину від зайвого накопичення у тканинах азотистих речовин (нітратів) при їх надмірному вмісті у ґрунті.

У досліді висівали гібриди: **Босфора –** середньоранній, екстенсивного типу з високими темпами росту на початкових етапах розвитку, екстенсивний, вміст олії 48–49 %, підвищена посухостійкість і жаростійкість, стійкість до вовчка рас A–F. Гібрид **Естрада –** середньоранній, екстенсивний; вміст олії 48–49 %; висока посухостійкість і жаростійкість, стійкий до вовчка рас A–F.

Результати досліджень та їх обговорення

Дослідження впливу бактеріальних препаратів Поліміксобактерин, Фосфоентерин, Вимпел-К проводили у короткопільній сівозміні фермерського господарства Полтавської області 2019–2021 років. У результатах досліджень подано усереднені показники за три роки. Попередник соняшнику – пшениця озима. Обробіток ґрунту традиційний. Препаратами обробляли у день сівби.

Дослідження біометричних показників рослин соняшнику в досліді із застосуванням регуляторів росту подано у таблиці 1.

1. Біометричні показники рослин соняшнику про застосуванні регуляторів росту

Варіант	Площа листя 1 рослини, см^2		Суха маса рослин, г	
	Босфора	*Естрада*	*Босфора*	*Естрада*
Контроль	4210	5253	91	165
Поліміксобактерин	5636	6709	108	207
Фосфоентерин	5450	6476	106	209
Вимпел-К	5704	6847	105	207

З таблиці 1 видно, що площа листя однієї рослини на варіантах із застосуванням регуляторів росту збільшилася порівняно з контролем на 1223–1594 см^2 – гібрид Естрада; на 1240–1494 см^2.

Ріст і розвиток рослин соняшнику під дією регуляторів росту змінювався, про що свідчать показники продуктивності (табл. 2, 3).

2. Продуктивність соняшнику залежно від регуляторів росту

Варіант	Гібрид Босфора		
	Діаметр кошика, см	Маса 1000 насінин, г	Маса насіння з кошика, г
Контроль	10,1	45,8	46,0
Поліміксобактерин	10,5	47,9	48,0
Фосфоентерин	11,0	53,1	51,6
Вимпел-К	11,8	55,1	54,0

З таблиці 2 видно, що діаметр кошика соняшнику (гібрид Босфора) збільшився на варіантах із застосуванням регуляторів росту Вимпел-К – на 1,7 см; Фосфоентерин – на 0,9 см; Поліміксобактерин – 0,4 см. Маса 1000 насінин на варіантах з використанням рістрегулюючих препаратів підвищилася на 2,1 г – 9,3 г. Найвищий показники отримали при застосуванні Вимпел-К. Маса насіння з кошика порівняно з контролем коливалася в межах 2–8 г. Отже, найвищі показники продуктивності отримали на варіанті 4 (Вимпел-К).\

3. Продуктивність соняшнику залежно від регуляторів росту

Варіант	Гібрид Естрада		
	Діаметр кошика, см	Маса 1000 насінин, г	Маса насіння з кошика, г
Контроль	10,2	46,0	45,0
Поліміксобактерин	10,4	50,5	49,0
Фосфоентерин	11,1	52,1	53,6
Вимпел-К	11,3	53,1	54,0

З таблиці 3 видно, що діаметр кошика соняшнику (гібрид Естрада) збільшився на 0,2–1,1 см на варіантах з регуляторами росту порівняно з контрольними показниками. Маса 1000 насінин

збільшилася в межах 4,5–7,1 г; маса насіння з кошика збільшилася на 4,0–9 г. Отже, застосування регуляторів росту сприяло підвищенню показників продуктивності порівняно з контролем, найвищі показники на гібриді Естрада отримали при використанні Вимпел-К.

Урожайність гібридів соняшнику при застосуванні регуляторів росту подано в таблиці 4.

4. Урожайність гібридів соняшнику при застосуванні регуляторів росту

Варіанти	Урожайність гібридів соняшника, т/га									
	Босфора					Естрада				
	1	2	3	4	*Сер*	1	2	3	4	*Сер*
Контроль	2,24	2,01	2,26	2,01	*2,13*	2,07	1,72	2,8	2,21	*2,2*
Поліміксобактерин	2,49	2,19	2,33	2,35	*2,34*	2,7	2,89	2,4	1,81	*2,45*
Фосфоентерин	2,47	2,24	2,45	2,44	*2,40*	2,83	2,43	2,33	2,25	*2,46*
Вимпел-К	2,4	2,45	2,48	2,39	*2,43*	2,47	2,56	2,03	2,94	*2,50*
НІР $_{0,5}$					*0,16*					*0,6*

Аналізуючи дані таблиці 4, можемо сказати, що урожайність гібрида Босфора на варіантах з використанням регуляторів росту мала тенденцію до збільшення порівняно з контролем на 0,21–0,3 т/га, тоді як показники по гібриду Естрада збільшилися на 0,25–0,3 т/га. Найвищі показники урожайності по обох гібридах отримали на варіанті із застосуванням Вимпел-К.

Аналіз наукових публікацій учених та практиків з питання, що висвітлено у статті, підтверджують ефективність передпосівних обробок насіння соняшнику рістстимулюючими препаратами біологічного походження, зокрема інкрустація насіння Поліміксобактерином, Фосфоентерином та Вимпелом-К стимулюють показники продуктивності, такі як діаметр кошика на 10 %, маса 1000 насінин на 13–15 %, маса насіння кошика на 8–17%, тоді як дослідження з використанням препарату Вимпел у різних композиційних сумішах та окремо [17, 18] довели свою ефективність з наближеними до наших результатами. Зазначимо, що дослідження ефективності використання регуляторів росту Біо-гель, Хелафіт Комбі, Міфосат [20] сприяли підвищенню урожайності соняшника на 9–12 %, що усереднено збігається з показниками, отриманими при застосуванні Поліміксобактерина, Фосфоентерина та Вимпела-К. Отже, ефективність застосування регуляторів росту біологічного походження для інкрустації соняшнику підтверджено в наших дослідженнях та результатах експериментів науковців аграрної галузі.

Висновки

Отже, обробка насіння соняшнику регуляторами росту Поліміксобактерин, Фосфоентерин та Вимпел-К активує ґрунтову мікрофлору, сприяє мобілізації та оптимізації живлення рослин соняшнику азотом і фосфором, покращенню у них ростових процесів, підвищенню урожайності, а саме, урожайність на гібриді Босфора підвищилася на 9–14 %, а на гібриді Екстрада – на 10–13 %, що практично доводить ефективність інкрустації насіння.

Перспективи подальших досліджень. Подальшими перспективами є застосування досліджуваних біорегуляторів у сумішах як до посіву соняшнику, так і в період вегетації.

References

1. Changxin, G., & Oosterhuis, D. M. (1995). Pinitol occurrence in soybean plants as affected by temperature and plant growth regulators. *Journal of Experimental Botany*, 46 (2), 249–253. doi: 10.1093/jxb/46.2.249

2. Chuprina, Yu. Yu., Klymenko, I. V., Belay, Yu. M., Golovan, L. V., Buzina, I. M., Nazarenko, V. V., Buhaiov, S. M., Mikheev, V. H., & Laslo, O. O. (2021) The adaptability of soft spring wheat (Triticum aestivum L.) varieties. Ukrainian *Journal of Ecology*, 11 (1), 267–272. doi: 10.15421/2021_239

3. Korotkova, I., Marenych, M., Hanhur, V., Laslo, O., Chetveryk, O., & Liashenko, V. (2021). Weed Control and Winter Wheat Crop Yield With the Application of Herbicides, Nitrogen Fertilizers, and Their Mixtures With Humic Growth Regulators. *Acta Agrobotanica*, 74. doi:10.5586/aa.748

4. Anishyn, L. A., Zhylkin, V. A., & Ponomarenko, S. P. (2001). *Rekomendatsii po zastosuvanniu rehuliatoriv rostu roslyn u silskohospodarskomu vyrobnytstvi Ukrainy*. Kyiv: Vysokyi urozhai [In Ukrainian].

5. Brahin, O. M., & Chuiko, D. V. (2019). Sposoby pidvyshchennia produktyvnosti linii soniashnyku ta inshykh silskohospodarskykh kultur z vykorystanniam rehuliatoriv rostu. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu Seriia «Roslynnytstvo, Selektsiia i Nasinnytstvo, Plodoovochivnytstvo i Zberihannia»*, 1, 107–117. [In Ukrainian].

6. Buriak, Yu. I., Ohurtsov, Yu. Ye., Chernobab, O. V., & Klymenko, I. I. (2014). Posivni yakosti nasinnia soniashnyku zalezhno vid vplyvu rehuliatoriv rostu roslyn ta protruinykiv. *Selektsiia i Nasinnytstvo*, 105, 173–177. doi: 10.30385/2413-7510.2014.42072 [In Ukrainian].

7. Buriak, Yu. I., Ohurtsov, Yu. Ie., Chernobab, O. V., & Klymenko, I. I. (2014). Efektyvnist zastosuvannia rehuliatoriv rostu roslyn ta mikrodobryva v nasinnytstvi soniashnyku. *Visnyk Tsentru Naukovoho Zabezpechennia APV Kharkivskoi Oblasti*, 16, 20–25. [In Ukrainian].

8. Domaratskyi, O. O., Onishchenko, S. O., & Revto, O. Ia. (2019). Vplyv rehuliatoriv rostu na rist, rozvytok ta formuvannia vrozhainosti soniashnyku v umovakh nedostatnoho zvolozhennia Pivdennoho Stepu Ukrainy. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 106, 53–58. [In Ukrainian].

9. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodyka polevoho opita (s osnovamy statystycheskoi obrabotky rezultatov yssledovanyi)*. Moskva: Ahropromyzdat [In Russian].

10. Radzikhovskyi, A. (2011). Rehuliatory rostu dlia soniashnyka. *The Ukrainian Farmer*. Retrieved from: https://agrotimes.ua/article/regulyatori-rostu-dlya-sonyashniku/ [In Ukrainian].

11. Klymenko, I. I. (2015). Vplyv rehuliatoriv rostu roslyn i mikrodobryv na urozhainist nasinnia linii ta hibrydiv soniashnyku. *Selektsiia ta Nasinnytstvo*, 107, 183–188. [In Ukrainian].

12. Ohurtsov, Yu. Ye., Baranovskyi, O. V., & Kapustin, A. S. (2017). Rol suchasnykh rehuliatoriv rostu roslyn v tekhnolohiiakh vyroshchuvannia prosapnykh kultur. Retrieved from: http://www.dolina.ua/files/8/6_faxovi.pdf [In Ukrainian].

13. Pokoptseva, L. A., Yeremenko, O. A., & Bulhakov, D. V. (2015). Vykorystannia rehuliatoriv rostu roslyn dlia peredposivnoi obrobky nasinnia soniashnyku hibrydu Armada. *Visnyk Ahrarnoi Nauky Prychornomoria*, 4. 127–135. [In Ukrainian].

14. Prysiazhniuk, M. P. (2013). Formuvannia produktyvnosti pshenytsi ozymoi zalezhno vid strokiv sivby i zastosuvannia rehuliatoriv rostu v umovakh Lisostepu Zakhidnoho. *Visnyk Zhytomyrskoho Natsionalnoho Ahroekolohichnoho Universytetu*, 2 (1), 206–211. [In Ukrainian].

15. Sendetskyi, V. M. (2017). Vplyv rehuliatoriv rostu na rist, rozvytok ta forsuvannia vrozhainosti roslyn soniashnyku. *Visnyk Dnipropetrovskoho Derzhavnoho Ahrarno-Ekonomichnoho Universytetu*, 3, 40–43. [In Ukrainian].

16. Tymofiichuk, O. B. (2012). *Rekomendatsii po zastosuvanniu biostymuliatoriv rostu i rozvytku roslyn novoho pokolinnia v tekhnolohiiakh vyroshchuvannia kukurudzy*. Ivano-Frankivsk [In Ukrainian].

17. Tkalich, Yu. I. (2016). Vplyv mikrodobryv i stymuliatoriv rostu roslyn na produktyvnist soniashnyku u Pivnichnomu Stepu Ukrainy. *Naukovo-Tekhnichnyi Biuleten Instytutu Oliinykh Kultur NAAN*, 23, 169–177. [In Ukrainian].

18. Tkalich, Yu. I., & Nitsenko, M. P. (2014). Osoblyvosti fotosyntetychnoi diialnosti hibrydiv soniashnyku zalezhno vid biopreparativ. *Visnyk Dnipropetrovskoho Derzhavnoho Ahrarno-Ekonomichnoho Universytetu*, 2, 124–130. [In Ukrainian].

19. Cheriachukin, M. Andriienko, O., & Hryhorieva, O. (2011). Rehuliatory rostu roslyn Ahrobiznes Sohodni. Retrieved from: http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/109-rehuliatoryrostu-roslyn.html [In Ukrainian].

20. Chuiko, D. V., Brahin, O. M., Mykhailenko, V. O., & Romanova, T. A., Romanov, O. V. (2020). Vplyv rehuliatoriv rostu roslyn na produktyvnist linii soniashnyku. *Selektsiia i Nasinnytstvo*, 117, 215–226. doi: 10.30835/2413-7510.2020.207186 [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 15.04.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Ласло О. О. Показники ефективності застосування регуляторів росту рослин у технології вирощування соняшнику за умов глобальних кліматичних змін. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 107–112.

©Ласло Оксана Олександрівна, 2022

Agriculture. Plant growing
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 633.34:631.53.04 (477.5) (292.485) | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.13**

PRODUCTIVITY OF EARLY MATURING SOYBEAN VARIETIES IN THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

O. Shovkova ORCID 0000-0001-6170-0164

Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovoroda St., Poltava, 36000, Ukraine
E-mail: shovkovaoksana@gmail.com

How to Cite *Shovkova, O. (2022). Productivity of early maturing soybean varieties in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 113–118. doi: 10.31210/visnyk2022.02.13*

Soybean is an important high-protein and oilseed crop in Ukraine and worldwide. Almost half of the success of growing this crop depends on the right choice of variety and seeding date. Adjusting the seeding date makes it possible to influence the supply of soybean plants with heat and moisture in a changing climate. The aim of the research was to fix the optimal seeding terms of early maturing soybean varieties under the conditions of the left-bank forest-steppe of Ukraine. The task of the research was to determine the effect of seeding terms on the growth and development of plants as well as the formation of seed yield of early maturing soybean varieties. The following scientific methods were used in the research: analysis, synthesis, field and statistical methods. The research results proved that soybean plants of early maturing varieties responded differently to the shifting of seeding terms. The variety Cassidi turned out to be the most productive among early maturing soybean varieties. When sown in the second term, its seed yield increased by 0.11 t/ha or 4.2 % compared with the first term and by 0.26 t/ha or 9.8 % compared with the third seeding term. The productivity of the variety Amadeus on average for three years of research ranged from 2.26 t/ha in the third seeding term to 2.53 t/ha in the second seeding term. The variety Triada had the highest productivity in the second seeding term – 2.40 t/ha, which is 0.11 t/ha or 4.6 % more than in the first seeding term, by 0.23 t/ha or 9.6 % more than in the third seeding term. The best conditions for the productivity formation of the variety Sophia were also in the second term of sowing crop – 2.33 t/ha. An economic evaluation of cultivation technology indicates that for the sowing of early maturing soybean varieties in the second term, the net profit was the highest, which amounted to 16815–21455 UAH/ha, and the level of profitability of the crop was 99.09–126.43 %. Experimental research data showed that sowing of early maturing soybean varieties in the second term was the most effective (I decade of May).

Key words: *soybean, varieties, seeding terms, yield, economic efficiency.*

ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРТІВ СОЇ РАННЬОСТИГЛОЇ ГРУПИ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

О. В. Шовкова
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Соя є важливою високобілковою олійною культурою в Україні і світі. Майже половина успіху у вирощуванні цієї культури залежить від правильного вибору сорту та строку сівби. Коригування строку висіву дає можливість впливати на забезпеченість рослин сої теплом та вологою в умовах зміни клімату. Метою досліджень було встановити оптимальні строки сівби сої для сортів раннього стиглої групи в умовах Лівобережного Лісостепу України. Завданням дослідження передбачено визначити вплив строків сівби на ріст і розвиток рослин, формування урожайності

насіння сортами сої ранньостиглої групи. Під час дослідження використано такі наукові методи: аналіз, синтез, польовий, статистичний. Результати досліджень свідчать, що рослини сої сортів ранньостиглої групи по-різному реагували на зміщення строків сівби. Найбільш урожайним серед ранньостиглих сортів сої виявився сорт Кассіді. За умови сівби у другий строк урожайність його насіння збільшувалася на 0,11 т/га або 4,2 % порівняно з першим строком та на 0,26 т/га або 9,8 % порівняно з третім строком сівби. Продуктивність сорту Амадеус у середньому за три роки досліджень коливалася від 2,26 т/га при третьому строку сівби до 2,53 т/га при другому строку сівби. Найвищу продуктивність сорту Тріада отримали при другому строку сівби – 2,40 т/га, що на 0,11 т/га або 4,6 % більше порівняно із першим строком, на 0,23 т/га або 9,6 % порівняно з третім строком сівби. Найкращі умови формування продуктивності на ділянках сорту Софія були також за умови висівання культури у другий строк – 2,33 т/га. Економічна оцінка технології вирощування свідчить, що за умови сівби у другий строк сортів сої ранньостиглої групи найвищим був чистий прибуток, що становив 16815–21455 грн/га, та рівень рентабельності культури – 99,09–126,43 %. Експериментальні дані досліджень свідчать, що під час вирощування сої найбільш ефективною є сівба сортів ранньостиглої групи у другий строк (І декада травня).

Ключові слова: *соя, сорти, строки сівби, урожайність, економічна ефективність.*

Вступ

На сучасному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва соя належить до найважливіших високобілкових олійних культур не тільки вітчизняного, але і світового рослинництва [2, 23]. Цікавість до цієї культури невипадкова. Високий вміст білка та добра його збалансованість за амінокислотним складом роблять сою чудовим замінником продуктів тваринного походження у харчуванні людини, а також цінним кормовим джерелом годівлі сільськогосподарських тварин [14].

Саме тому вже багато років соя поряд із зерновими культурами на українському аграрному ринку посідає провідні позиції в експорті та переробці на харчові й кормові цілі, а також має стратегічно важливе значення у забезпеченні продовольчої та економічної безпеки країни [27].

Інтерес до вирощування сої в Україні зростає в усіх ґрунтово-кліматичних зонах. Площі посіву культури розширюються, проте врожайність залишається на низькому рівні.

Найбільш доступним і найдешевшим фактором підвищення врожайності сільськогосподарських культур є сорт. У багатьох країнах світу оптимально підібраний сорт сої на 40–60 % визначає майбутній урожай [1, 8, 12, 26].

Значення сорту особливо зросло за умов глобального потепління, коли крім помітного підвищення температури повітря й ґрунту, дуже часто настають тривалі міждощові періоди. Такі погодні умови зумовлюють стресовий стан рослин і різке зниження їхньої продуктивності, поширення хвороб і шкідників, погіршення якості продукції [21].

Науковці Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН оцінили екологічну пластичність та стабільність 50-и сортів сої, що дало змогу провести їх чітке групування та виділення селекційно цінних генотипів: Антрацит, Артеміда, Мілленіум, КиВін, Омега Вінницька, Феміда, Тріада, Сузір'я, Кобза, Криниця, Галі, Данко [24].

На сучасному етапі розвитку аграрного виробництва існує великий асортимент нових сортів сої, які мають широку екологічну пристосованість для вирощування [15, 19].

На думку науковців, використання високотехнологічних, добре адаптованих до екстремальних факторів зовнішнього середовища сортів є базисом досягнення високої врожайності і якості насіння сої [24].

Не менш важливим фактором одержання максимального врожаю є вибір оптимального строку сівби, оскільки соя має підвищені вимоги до тепла та вологозабезпеченості ґрунту в період сівба–сходи. Для сої строки сівби мають вирішальне значення, адже від них залежить дружність сходів, густота рослин, час і можливість достигання, величина врожаю та якість насіння. Водночас це фактор, який не потребує додаткових затрат, однак може істотно впливати на продуктивність культури [3, 5, 11, 13].

Вивченню строків сівби сої у регіонах України приділяють увагу різні науковці у своїх дослідженнях [4, 17, 20, 21].

Цехмейтрук М. Г., Шеляків В. О., Шевніков М. Я., Литвиненко О. С. [22] у своїх дослідженнях встановили, що застосування для сої раннього строку сівби в умовах 2014–2015 рр. було найбільш

ефективним. Для ультраранньостиглого сорту Аннушка середній рівень урожайності по строку – 2,14 т/га, запізнення із сівбою призводило до зниження врожайності до 1,89 т/га та 1,56 т/га відповідно. Використання більш ранньої сівби сорту Білявка 2016–2017 рр. призводило до зниження урожайності за умови оптимального (1,53 т/га) та раннього (1,24 т/га) строку. Вища урожайність сорту Білявка отримана за умови пізнього строку сівби – 1,72 т/га.

Наукові дослідження, проведені 2016–2020 рр. в умовах західного Лісостепу України, показали, що сорт сої Діадема Поділля найвищі показники врожайності формує за умови оптимального та пізнього строків сівби, тоді як сорти КиВін, Княжна, Хуторяночка та Тріада – у разі пізнього строку сівби (ІІ декада травня). Зростання урожайності насіння порівняно із сівбою в оптимальні строки (І декада травня) склало 6,6 %, 3,1 %, 13,8 % та 9,6 % відповідно [9, 10].

Актуальність проведення досліджень полягає в тому, що впровадження у виробництво сучасних сортів сої потребує додаткового вивчення сортових особливостей їх вирощування залежно від біології сорту та умов довкілля конкретного агрокліматичного регіону.

Мета дослідження – встановити оптимальні строки сівби сої для сортів ранньостиглої групи в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Завдання – визначити вплив строків сівби на ріст і розвиток рослин, формування урожайності насіння сортами сої ранньостиглої групи.

Матеріали і методи досліджень

Польові дослідження проводили в умовах ТОВ «Промінь» Полтавського району Полтавської області впродовж 2019–2021 рр.

Основним типом ґрунту в господарстві є чорнозем типовий малогумусний. Агрохімічна характеристика ґрунту: вміст гумусу в горизонті 0–20 см 4,3 %, азоту, що легко гідролізується – 6,6–8,7 мг, фосфору – 9,2–12,2 мг, калію – 12,3–14,2 мг на 100 г ґрунту.

Дослід передбачав вивчення чотирьох сортів сої (фактор А) – Тріада (оригінатор Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН), Кассіді (оригінатор Семенсес Прогрейн), Софія (оригінатор Інститут зрошуваного землеробства), Амадеус (оригінатор Семенсес Прогрейн) та трьох строків сівби (фактор В) – перший (ІІІ декада квітня), другий та третій (І та ІІ декади травня).

Під час проведення дослідження використовували такі методи: польовий дослід – для вивчення дії та взаємодії досліджуваних факторів, ваговий – для встановлення продуктивності рослин та посівів, методи математичної статистики – для оцінки достовірності отриманих результатів досліджень, розрахунково-порівняльний – для визначення показників економічної ефективності елементів технології вирощування сої.

Повторність досліду – триразова. Розміщення варіантів – рендомізоване [25]. Попередник сої у сівозміні – пшениця озима. Спосіб сівби – звичайний рядковий з міжряддям 15 см. Технологія вирощування по варіантах не відрізнялась, крім елементів, що досліджували. Сіяли сою у три строки, керуючись температурними показниками ґрунту згідно зі схемою досліду.

Погодні умови вегетаційного періоду в роки проведення досліджень характеризувалися високими середньодобовими температурами, нерівномірним розподілом опадів та значним їх дефіцитом в окремі фази розвитку сої, що мало істотний вплив на формування врожайності насіння усіх досліджуваних сортів сої.

Упродовж вегетації дослід супроводжувався обліками відповідно до таких методик [16, 25].

Результати досліджень та їх обговорення

Показник урожайності є найважливішим складником господарської цінності культури. Він інтегрує дію усіх досліджуваних факторів життя на рослину в період її росту та розвитку. Урожайність культури завжди є результатом взаємодії між продуктивністю і стійкістю до несприятливих умов навколишнього середовища [6, 7].

За результатами досліджень 2019–2021 рр. найбільш урожайним серед сортів сої ранньостиглої групи виявився сорт Кассіді (табл. 1). За роки досліджень вона коливалася від 2,23 т/га до 2,76 т/га залежно від строку сівби. Вища врожайність сорту в середньому за роки досліджень була на посівах другого строку сівби – 2,65 т/га. Перший строк сівби зумовлював зменшення урожайності порівняно з другим строком на 0,11 т/га або 4,2 %. За умови третього строку сівби зниження урожайності було на 0,26 т/га або 9,8 %.

1. Урожайність насіння сортів сої залежно від строків сівби, т/га

Сорт	Строки сівби	Роки			Середнє за 2019–2021 рр.
		2019	2020	2021	
Тріада	I строк	2,36	2,07	2,43	2,29
	II строк	2,45	2,20	2,55	2,40
	III строк	2,24	1,96	2,32	2,17
Кассіді	I строк	2,58	2,39	2,66	2,54
	II строк	2,69	2,51	2,76	2,65
	III строк	2,44	2,23	2,49	2,39
Софія	I строк	2,24	2,03	2,32	2,20
	II строк	2,37	2,18	2,45	2,33
	III строк	2,11	1,86	2,17	2,05
Амадеус	I строк	2,42	2,18	2,59	2,40
	II строк	2,57	2,35	2,68	2,53
	III строк	2,29	2,02	2,48	2,26
НІР $_{05}$ сорт – 0,13; строк сівби – 0,10					

Продуктивність сорту Амадеус у середньому за три роки досліджень коливалася від 2,26 т/га при третьому строку сівби до 2,53 т/га при другому строку сівби.

Сорт Тріада залежно від строків сівби та років вирощування мав урожайність на рівні 1,96–2,55 т/га. Найвищу врожайність отримали при другому строку сівби 2,40 т/га, що на 0,11 т/га або 4,6 % більше порівняно із першим строком. Зміщення сівби у II декаду травня призвело до зменшення урожайності на 0,23 т/га або 9,6 %.

У сорту Софія за результатами досліджень 2019–2021 рр. урожайність варіювала в межах 1,86–2,45 т/га. Найкращі умови формування продуктивності на ділянках сорту Софія були за умови висівання культури у другий строк – 2,33 т/га. При першому строку сівби в середньому за три роки продуктивність цього сорту становила 2,20 т/га, що на 0,13 т/га або 5,6 % менше порівняно із другим строком. Найнижчу врожайність мали посіви третього строку сівби – 2,05 т/га.

Отримані результати економічних розрахунків свідчать про суттєвий вплив факторів, що вивчали в технології вирощування сої, на показники економічної ефективності (табл. 2).

2. Економічна оцінка вирощування сортів сої ранньостиглої групи залежно від строків сівби (середнє за 2019–2021 рр.)

Сорт	Строки сівби	Показники				
		Урожайність, т/га	Вартість основної продукції, грн/га	Собівартість 1 т продукції грн	Прибуток на 1 га, грн	Рентабельність, %
Тріада	I строк	2,29	33205	7410,5	16235	95,67
	II строк	2,40	34800	7070,8	17830	105,07
	III строк	2,17	31465	7820,3	14495	85,42
Кассіді	I строк	2,54	36830	6681,1	19860	117,03
	II строк	2,65	38425	6403,8	21455	126,43
	III строк	2,39	34655	7100,4	17685	104,21
Софія	I строк	2,20	31900	7713,6	14930	87,98
	II строк	2,33	33785	7283,3	16815	99,09
	III строк	2,05	29725	8278,0	12755	75,16
Амадеус	I строк	2,40	34800	7070,8	17830	105,07
	II строк	2,53	36685	6707,5	19715	116,18
	III строк	2,26	32770	7508,8	15800	93,11

Економічні розрахунки свідчать, що найвищі показники економічної ефективності вирощування сортів сої відмічено на ділянках другого строку сівби. Для сорту Тріада чистий прибуток склав 17830 грн/га, для сорту Кассіді – 21455, для сорту Софія – 16815, для сорту Амадеус – 19715 грн/га, що більше порівняно з першим строком сівби на 1595–1885 грн/га або 7,4–11,2 %.

Собівартість одиниці продукції при другому строку сівби залежно від сортового складу зменшилася на 277,3–430,3 грн порівняно з першим строком сівби. Рівень рентабельності для сортів сої, що вивчали, був у межах 99,09–126,43 %.

Сівба сої у третій строк зумовила формування найнижчих показників економічної ефективності досліджуваних сортів ранньостиглої групи: прибуток на рівні 12755–17685 грн/га, рентабельність – 75,16–104,21 %.

На посівах сорту Кассіді, висіяних у другий строк, отримано найбільший розмір прибутку 21455 грн/га та рентабельність 126,43 %.

Висновок

За результатами проведених досліджень встановлено, що під час вирощування в умовах ТОВ «Промінь» Полтавського району Полтавської області досліджувані сорти сої ранньостиглої групи (Тріада, Кассіді, Софія, Амадеус) максимальну врожайність (2,33–2,65 т/га) та найвищі показники економічної ефективності вирощування за роки досліджень формували за умови сівби у другий строк.

Перспективами подальших досліджень є вивчення впливу строків сівби сої на формування продуктивності культури в умовах зміни клімату та появи нових сортів вітчизняної селекції.

References

1. Arango, M. R., & Craviotto, R. M. (2006). Description of the environmental damage on soybean seeds. *Seed Science and Technology*, 34, 133–141.

2. Babych, A. O., & Babych-Poberezhna, A. A. (2008). *Selektsiia i rozmishchennia vyrobnytstva soi v Ukraini*. Vinnytsia : FOP Danyliuk V. H [In Ukrainian].

3. Baranov, A. I., & Stupnitska, O. S. (2014). Osoblyvosti formuvannia vrozhainosti soi v umovakh Polissia Ukrainy. *Ahropromyslove vyrobnytstvo Polissia*, 7, 118–121. [In Ukrainian].

4. Butenko, A. O., Masyk, I. M., Tykhonova, O. M., & Sobko, M. G. (2020). Formation of soybean crop of different ripeness groups depending on sowing time and row spacing. *Interagency Thematic Scientific Collection «Irrigated Agriculture»*, 73, 9–13. doi:10.32848/0135-2369.2020.73.1

5. Furman, O. V. (2017). Hustota stoiannia roslyn soi ta yii vyzhyvanist zalezhno vid strokiv sivby ta sortu. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*, 83, 83–89. [In Ukrainian].

6. Kalenska, S. M., Novytska, N. V., Harbar, L. A., & Andriiets, D. V. (2010). Urozhainist yak intehralnyi pokaznyk reaktsii roslyn soi na elementy tekhnolohii vyroshchuvannia. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 149, 227–234. [In Ukrainian].

7. Kalinichenko, V. M. (2003). Vplyv ahroklimatychnykh umov na urozhainist i yakist zerna soi. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 6, 98–100. [In Ukrainian].

8. Kaminskyi, V. F. (2006). Kompleksnyi vplyv faktoriv intensyfikatsii na formuvannia urozhaiu soi u Pivnichnomu Lisostepu. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 9, 36–42. [In Ukrainian].

9. Moldovan, V. H., Moldovan, Zh. A., & Sobchuk, S. I. (2021). Strok sivby yak sposib pidvyshchennia vrozhainosti sortiv soi z riznym vehetatsiinym periodom. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*, 91, 71–81. doi: 10.31073/kormovyrobnytstvo 202191-06 [In Ukrainian].

10. Moldovan, V. G., Moldovan, Zh. A., & Sobchuk, S. I. (2020). Formation of seed yield of soybean varieties with different growing periods in the western Forest-steppe. *Feeds and Feed Production*, 89, 46–56. doi: 10.31073/kormovyrobnytstvo202089-04

11. Mourtzinis, S., Specht, J. E., & Conley, S. P. (2019). Defining optimal soybean sowing dates across the US. *Scientific Reports*, 9 (1), 1–7.

12. Ohurtsov, Ye. M. (2008). *Soia u Skhidnomu Lisostepu Ukrainy*. Kharkiv [In Ukrainian].

13. Polishchuk, I. S., Polishchuk, M. I., Mazur, O. V., & Yurchenko, N. A. (2018). Polova skhozhist nasinnia sortiv soi zalezhno vid strokiv za temperaturnym rezhymom gruntu. *Zbirnyk Naukovykh Prats Vinnytskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Silske Hospodarstvo ta Lisivnytstvo*, 4 (11), 36–43. doi: 10.37128/2707-5826 [In Ukrainian].

14. Posylaieva, O. O., Kyrychenko, V. V., & Sheliakina, T. A. (2014). Vplyv defitsytu volohy i pidvyshchenykh temperatur na nakopychennia bilku v nasinni suchasnykh sortiv soi. *Selektsiia i Nasinnytstvo*, 105, 149–156. [In Ukrainian].

15. Prysiazhniuk, L. M., Shovhun, O. O., Korol, L. V., Honcharova, S. O., Korovko, I. I., & Kostenko, A. V. (2016). Otsinka novykh sortiv soi za hospodarsko tsinnymy oznakamy. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 94 (11), 24–27. [In Ukrainian].

16. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M., Puzik, L. M., Popov, S. I., Muzafarov, N. M., Bukhalo, V. Ya., & Kryshtop, Ye. A. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii. Kn. 1. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy*. Kharkiv: Maidan [In Ukrainian].

17. Shepilova, T., Mostipan, M., Petrenko, D., & Vasylkovska, K. (2020). The influence of sowing time and micro-fertilizers on soybean productivity in the northern steppe of Ukraine. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 26 (4), 787–792.

18. Shevnikov, M. Ya. (2020). Recommended parameters of economically valuable character stics of soybean varieties for conditions of the left-bank Forest-steppe of Ukraine. *Organization of Scientific Research in Modern Conditions*. USA.

19. Shovkova, O. V. (2015). Formuvannia symbiotychnoho aparatu ta urozhainosti soi zalezhno vid strokiv sivby y riznykh sposobiv zastosuvannia mikrodobryv. *Ahrobiolohiia*, 2, 86–90. [In Ukrainian].

20. Shovkova, O. V., Shevnikov, M. Ya., & Milenko, O. H. (2020). Osoblyvosti formuvannia nasinnievoiproduktyvnosti roslynamy soi zalezhno vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 2 (84). doi: 10.31548/dopovidi2020.02.015 [In Ukrainian]

21. Sort maie znachennia. Agrotimes: veb sait. Retrived from: https://agrotimes.ua/article /sort-soyi-maye-znachennya/ [In Ukrainian].

22. Tsekhmeistruk, M. H., Sheliakiv, V. O., Shevnikov, M. Ya., & Lytvynenko, O. S. (2018). Vplyv strokiv sivby na urozhainist sortiv soi. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 1, 35–41. doi: 10.31210/visnyk2018.01.05 [In Ukrainian].

23. Tsyhanska, O. I. (2018). Vplyv mineralnykh dobryv, peredposivnoi obrobky nasinnia ta pozakorenevoho pidzhyvlennia mikroelementamy na yakisni pokaznyky zerna sortiv soi. *Zbirnyk Naukovykh Prats Vinnytskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Silske Hospodarstvo ta Lisivnytstvo*, 8, 82–90. [In Ukrainian].

24. Tsytsiura, T. V., Temchenko, I. V., & Barvinchenko, S. V. (2021). Otsinka plastychnosti ta stabilnosti pokaznykiv yakosti nasinnia sortiv soi riznoho ekoloho-heohrafichnoho pokhodzhennia. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*, 92, 104–115. doi: 10.31073/kormovyrobnytstvo202192-10 [In Ukrainian].

25. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Opryshko, V. P., & Kostohryz, P. V. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii*. Kyiv: Diia [In Ukrainian].

26. Zabarna, T. A., & Pelekh, L. V. (2020). Produktyvnist sortiv soi zalezhno vid vplyvu gruntovo-klimatychnykh umov Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Slovak International Scientific Journal*, 39, 6–11. [In Ukrainian].

27. Zabolotnyi, H. M., Mazur, V. A., Tsyhanska, O. I, Didur, I. M., Tsyhanskyi, V. I., & Pantsyreva, H. V. (2020). *Ahrobiolohichni osnovy vyroshchuvannia soi ta shliakhy maksymalnoi realizatsii yii produktyvnosti*. Vinnytsia: VNAU [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 18.04.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Шовкова О. В. Продуктивність сортів сої ранньостиглої групи в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 113–118.

©Шовкова Оксана Володимирівна, 2022

Agriculture. Plant growing
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 633.34:631.53.048:631.526.3 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.14**

IMPACT OF AGROTECHNICAL FACTORS ON SOYBEAN YIELDS

O. Milenko*
Yu. Solomon
V. Veherenko

ORCID 0000-0003-0529-5824
ORCID 0000-0002-5609-243X

Poltava State Agrarian University, 1/3 Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: olga.milenko@pdaa.edu.ua

How to Cite

Milenko, O., Solomon, Yu., & Veherenko, V. (2022). Impact of agrotechnical factors on soybean yields. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 119–126. doi: 10.31210/visnyk2022.02.14

Due to the growing demand for protein sources, it is expedient to reorganize the structure of crops in Ukraine to expand the areas of soybean crops. This crop can solve the problem of protein while increasing the fertility of the soil and improving its nitrogen balance. An essential condition for the high productivity of soybean crops is the correct choice of sowing dates, optimal feeding area, placement scheme, and density of plants in crops. The research aimed to estimate the influence of sowing dates and seed sowing rates on the length of the growing season and the yield of soybeans. The research was conducted during 2019–2021. The object of the research was the early ripening variety Zlatoslava, which was sown according to three rates of sowing seeds: 700,000 per ha, 800,000 per ha, 900,000 per ha, and the following sowing dates: the first – April 23, the second – May 3, the third – May 13. We found out that it is necessary to determine the optimal seeding rate for each variety in the conditions of the corresponding growing zone and to relate it to the structure of the sown areas, the place of soybeans in the crop rotation, and the timing of sowing, which is caused by climate changes. During the field experiment, with the help of phenological observations, it was revealed that the maturity of soybean plants occurred much earlier under the condition of sowing the crop in the second and third sowing periods, the sowing rates did not significantly affect the duration of the growing season of soybean plants of the Zlatoslava variety. We observed a significant change in the duration of the growing season as a result of the influence of the weather conditions of the research year. In 2019 and 2021, the vegetation period of the crop was longer on average by 5 days for all variants of the experiment compared to 2020. Crop yield was higher in options with crop sowing in the first decade of May with a seed sowing rate of 800,000 per ha. Sowing crops in the second decade of May had better impact on crop productivity with a thickened agrocenosis. Therefore, for production crops, we recommend sowing soybeans with early-ripening varieties in the first decade of May with a seed sowing rate of 800,000 per ha. In later periods of sowing, it is necessary to increase the seed sowing rate to 900,000 per ha.

Key words: *soybean, seed sowing rate, sowing dates, productivity.*

ВПЛИВ АГРОТЕХНІЧНИХ ФАКТОРІВ НА УРОЖАЙНІСТЬ СОЇ

О. Г. Міленко, Ю. В. Соломон, В. С. Вегеренко
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Через зростаючий попит на білкові джерела в Україні доцільно перебудувати структуру посівів сільськогосподарських культур у напрямі розширення посівів сої, яка здатна вирішити проблему білка і при цьому підвищити родючість ґрунту, покращити його азотний баланс. Важливою умовою

високої продуктивності посівів сої є правильний вибір строків сівби, оптимальної площі живлення, схеми розміщення і густоти рослин у посівах. Метою досліджень було встановити вплив строків сівби та норми висіву насіння на тривалість вегетаційного періоду та урожайності сої. Наукові дослідження проводили впродовж 2019–2021 рр. Об'єктом досліджень був ранньостиглий сорт Златослава, який сіяли із трьома нормами висіву насіння: 700 тис./га; 800 тис./га; 900 тис./га за такими строками сівби: І-й – 23 квітня; ІІ-й – 3 травня та ІІІ-й – 13 травня. У результаті встановлена необхідність проведення експериментальних досліджень з метою визначення оптимальної норми висіву для кожного окремо взятого сорту в умовах відповідної зони вирощування, пов'язуючи це зі структурою посівних площ, місцем сої в сівозміні та строками сівби, що обумовлено змінами клімату. Під час проведення польового досліду за допомогою фенологічних спостережень було зафіксовано, що достигання рослин сої відбувалося значно раніше за умови сівби культури у ІІ-й та ІІІ-й строки сівби, норми висіву суттєво не впливали на тривалість вегетаційного періоду рослин сої сорту Златослава. Значну зміну тривалості вегетаційного періоду ми спостерігали під впливом погодних умов року проведення досліджень. 2019 та 2021 років період вегетації культури був довшим у середньому на 5 діб по всіх варіантах досліду порівняно з 2020 роком. Урожайність культури була вищою у варіантах із сівбою культури в І-й декаді травня з нормою висіву насіння 800 тис./га. Сівба культури у другій декаді травня краще впливала на продуктивність культури при загущеному агроценозі. Тому для виробничих посівів рекомендуємо проводити сівбу сої ранньостиглими сортами в першій декаді травня із нормою висіву насіння 800 тис./га. У більш пізні строки сівби необхідно збільшувати норму висіву насіння до 900 тис./га.

Ключові слова: *соя, норма висіву насіння, строки сівби, урожайність.*

Вступ

Найважливіша перевага сої порівняно з іншими зернобобовими культурами полягає в тому, що вона містить у середньому 40 % білка і 20 % рослинної олії високої якості та інші поживні речовини. Соєвий білок досить збалансований за амінокислотами, які необхідні для життя людини і тварин. Він відноситься до числа добре засвоюваних, високопоживних і близький за амінокислотним складом до тваринних білків [15]. У світовій економіці спостерігається тенденція до збільшення використання рослинного соєвого білка, який має низьку вартість, високу харчову та кормову якість [16].

Через зростаючий попит на білкові джерела, в Україні доцільно перебудувати структуру посівів сільськогосподарських культур у напрямі розширення посівів сої, яка здатна вирішити проблему білка і при цьому підвищити родючість ґрунту, покращити його азотний баланс [1].

Актуальність теми полягає в тому, що поряд зі збільшенням площ посіву для вирощування сої, важливого значення набуває наукове обґрунтування і розробка елементів технології вирощування цієї культури, які повинні забезпечувати підвищення рівня врожаю та якості зерна в умовах Лісостепу України [2, 3].

У процесі дослідження реакції сої на строки сівби встановлено, що для більшості сортів висока польова схожість насіння відмічена, коли сівбу проводили за умови прогрівання ґрунту до 10 ^{0}C, з тенденцією її подальшого підвищення і наявності в посівному шарі достатньої кількості вологи [17]. Але погодні умови мінливі, тому прогрівання ґрунту може бути досить раннім та різко змінитися з весняними приморозками [18]. Тому оптимальні строки сівби потрібно встановлювати, не обмежуючись температурним режимом, а прив'язувати цей фактор до календарних строків кожної кліматичної зони та певної групи стиглості сортів сої.

У виробничих умовах на великих площах, що збираються комбайнами, від норми висіву при одному і тому ж способі сівби значно залежить величина урожаю. При достатній густоті рослин висота прикріплення нижніх бобів буває вищою і у вологу погоду зменшується обламування гілок, що відіграє важливу роль у зменшенні втрат.

У разі оптимальної густоти рослин краще відбувається затінення ґрунту, що погіршує умови розвитку бур'янів [10]. Збирання ж сої разом з подрібненими бур'янами підвищує вологість зерна і ускладнює його очистку [9]. Перелічені причини визначають необхідність ретельно обирати норму висіву, виходячи із крупності насіння, його господарської придатності, біологічних особливостей сорту, способів сівби та родючості ґрунту [14].

При вирішенні цього питання необхідно враховувати, що урожай з одиниці площі є сумою урожаїв усіх рослин, які ростуть на ній. Якщо посів рідкий і рослин на одиниці площі мало, то і загальний урожай буде невеликий, хоч кожна рослина в цьому разі досягає найбільшого розвитку, має високу продуктивність. По мірі загущення посіву продуктивність окремих рослин зменшується, але загальний урожай їх продовжує певний час підвищуватися, а потім, досягши максимальної величини, поступово знижується. Отже, як зрідженість посіву, так і його загущеність сприяють недобору врожаю [19].

Отже, важливою умовою високої продуктивності посівів сої є правильний вибір строків сівби, оптимальної площі живлення, схеми розміщення і густоти рослин у посівах [8].

Метою наших досліджень було з'ясувати вплив строків сівби та норми висіву насіння на тривалість вегетаційного періоду та врожайності сої.

Матеріали і методи досліджень

Наукові дослідження проводили впродовж 2019–2021 рр. в умовах ПСП «Приорілля» Новосанжарського району Полтавської області. Місце проведення досліджень знаходиться в зоні Лісостепу і має помірно-континентальний клімат з теплим літом і помірно холодною зимою.

Період із середньодобовими температурами вище 0 °С складає 245 діб, він настає в кінці березня і закінчується у другій половині листопада. Тривалість вегетаційного періоду, якому відповідає перехід температур через +5 °С, дорівнює 202 дні. Безморозний період триває 170 діб, період з температурою вище +10 °С становить 165 діб, а вище +15 °С — 120 діб. Перші осінні заморозки настають у жовтні, в окремі роки бувають раніше або пізніше. Середньорічна кількість опадів, за даними Полтавської метеостанції, становить 486 мм.

Дослідження проводили в умовах польового двофакторного досліду (табл. 1).

1. Схема польового двофакторного досліду

Дата та строк сівби *(фактор А)*	Норма висіву насіння, тис./га *(фактор В)*
23.04 – I	700
3.05 – II	800
13.05 – III	900

Об'єктом досліджень був ранньостиглий сорт Златослава, оригінатором якого є Кіровоградська державна сільськогосподарська дослідна станція Національної академії аграрних наук України. Повторність досліду – триразова. Розміщення ділянок – рандомізоване [20]. Площа дослідної ділянки 36 м², облікової – 25 м². Сівбу проводили звичайним рядковим способом, з міжряддями 15 см. Технологія вирощування по варіантах не відрізнялась, крім норми висіву насіння, які вивчали у процесі досліджень [5].

Результати досліджень та їх обговорення

На тривалість вегетаційного періоду значно впливають метеорологічні умови, тобто кількість опадів і середньодобова температура повітря під час росту та розвитку культури, що спричиняє значні коливання тривалості фенологічних фаз і строків достигання за роками [4]. Тривалість вегетаційного періоду сої за умови сівби ранньою весною у ґрунт з температурою на глибині загортання насіння +6−8 ºС залежно від генотипу варіює від 90 до 135 і вище діб [13].

2019 року тривалість вегетаційного періоду варіювала не тільки залежно від строків сівби, але також було зафіксовано зміну цього показника залежно від норми висіву насіння за умови сівби сої в різні строки (табл. 2).

Найдовший вегетаційний період було відмічено в рослин сої за умови сівби культури в ранній строк. Тривалість вегетації коливалась в межах 100–106 діб.

Після другого строку сівби рослини сої проходили фази росту та розвитку від сходів до повної стиглості за 98–101 день. Найшвидше дозрівали посіви сої на варіантах із пізнім строком сівби. Вегетаційний період становив 94–97 діб.

2. Дата достигання та тривалість вегетаційного періоду сої залежно від строків сівби та норми висіву (2019 р.)

Дата та строк сівби	Норми висіву, тис. насінин / га					
	700		800		900	
	дата	діб	дата	діб	дата	діб
23.04 – I	19.08	106	17.08	104	13.08	100
3.05 – II	20.08	101	19.08	100	17.08	98
13.05 – III	25.08	97	24.08	96	22.08	94

Також було зафіксовано скорочення вегетаційного періоду рослин сої через загущення агрофітоценозу. При першому строку сівби посіви достигли на 2 доби раніше зі збільшенням норми висіву насіння від 700 до 800 тис./га. З подальшим збільшенням норми висіву до 900 тис./га спостерігалось швидше достигання рослин на 4 доби. Сівба сої сорту Златослава в першій та другій декадах травня зі збільшеною нормою висіву також впливала на скорочення вегетаційного періоду. Загущення посівів із 700 до 900 тис./га сприяло швидшому достиганню сої на 3 доби.

3. Дата достигання та тривалість вегетаційного періоду сої залежно від строків сівби та норми висіву (2020 р.)

Дата та строк сівби	Норми висіву, тис. насінин / га					
	700		800		900	
	дата	діб	дата	діб	дата	діб
23.04 – I	15.8	100	14.8	99	13.8	98
3.05 – II	21.08	96	21.08	96	21.08	96
13.05 – III	24.08	91	24.08	91	24.08	91

2020 року на тривалість вегетаційного періоду сої значно впливали строки сівби (табл. 3). Найдовший вегетаційний період було відмічено на варіантах із першим строком сівби, який тривав 98–100 діб. На варіантах із другим строком сівби ми спостерігали швидше достигання рослин сої, вегетаційний період скоротився до 96 діб. А пізня сівба сої 13, травня, сприяла ще більшому скороченню вегетаційного періоду до 91 доби. Норма висіву не мала істотного впливу на тривалість вегетаційного періоду сої 2020 року.

2021 року на тривалість вегетаційного періоду сої значно впливали строки сівби (табл. 4).

4. Дата достигання та тривалість вегетаційного періоду сої залежно від строків сівби та норми висіву (2021 р.)

Дата та строк сівби	Норми висіву, тис. насінин / га					
	700		800		900	
	дата	діб	дата	діб	дата	діб
23.04 – I	17.08	104	16.08	103	15.08	102
3.05 – II	19.08	100	19.08	100	19.08	100
13.05 – III	26.08	97	26.08	97	26.08	97

При ранньому строку сівби вегетаційний період тривав 102–104 доби. Сівба сої у другий строк вплинула на скорочення вегетаційного періоду на 4 доби, а при сівби в пізній строк соя достигла вже через 97 діб.

Норми висіву впливали на тривалість вегетаційного періоду рослин сої тільки при першому строку сівби. При кожному збільшенні норми висіву культури на 100 тис. насінин/га відбувалося скорочення вегетаційного періоду на 1 добу.

У варіантах II та III строків сівби норма висіву насіння суттєво не впливала на дату достигання рослин сої і на тривалість вегетаційного періоду.

На тривалість вегетаційного періоду рослин сої сорту Златослава в середньому за 2019–2021 рр. найбільше впливали строки сівби культури (табл. 5).

5. Тривалість вегетаційного періоду сої залежно від строків сівби та норми висіву (середнє 2019–2021 р.)

Дата та строк сівби	Норми висіву, тис. насінин / га			Середнє по строках сівби
	700	800	900	
23.04 – I	103	102	100	102
3.05 – II	99	99	98	99
13.05 – III	95	95	94	95
Середнє по нормах висіву	99	99	97	

За умови раннього строку сівби було відмічено найдовший період вегетації культури, і він становив 103 доби. Збільшення норми висіву насіння до 800 тис./га призвело до того, що період вегетації тривав 102 доби, а при нормі висіву насіння 900 тис./га у варіантах раннього строку сівби вегетаційний період становив 100 діб. Другий строк сівби в середньому за два роки вплинув на скорочення вегетаційного періоду рослин сої сорту Златослава до 98 діб. А найшвидше достигали рослини сої за умови пізнього строку сівби, вегетаційний період при всіх нормах висіву становив 95–94 доби.

Найбільш суттєво на тривалість вегетаційного періоду впливали умови року. 2019 року загалом по варіантах досліду було зафіксовано пізнє достигання культури та триваліший вегетаційний період у середньому на 5 діб порівняно з 2020 роком.

Строки сівби культури суттєво впливали на зміну рівня урожайності сої. Для загущеного агроценозу сої із нормою висіву насіння 800 і 900 тис./га оптимальним був III строк сівби. А сівба сої в I строк сприяла затягуванню достигання рослин сої, що вплинуло на зниження рівня урожайності культури. Другий строк сівби сприяв підвищенню урожайності сої порівняно з ранньою сівбою культури, але показники були дещо нижчими, ніж сівба культури у III строк.

За результатами досліджень 2019 року ми спостерігали підвищення урожайності рослин сої сорту Златослава завдяки оптимізації строків сівби в період другої декади травня, що відповідає пізньому строку (табл. 6).

6. Урожайність сої залежно від строків сівби та норми висіву, т/га (2019 р.)

Дата та строк сівби	Норми висіву, тис. насінин / га			Середнє по строках сівби
	700	800	900	
23.04 – I	2,25	2,44	2,39	2,36
3.05 – II	2,51	2,48	2,35	2,45
13.05 - III	2,41	2,67	2,70	2,59
Середнє по нормах висіву	2,39	2,53	2,48	
$НІР_{0,05}$ A – 0,03; $НІР_{0,05}$ B – 0,02				

Середня врожайність культури за умови раннього строку сівби становила 2,36 т/га, перенесення сівби сої на першу декаду травня дало змогу отримати приріст урожайності на рівні 0,09 т/га, а подальше відтягування сівби до другої декади травня вплинуло на збільшення цього показника на 0,23 т/га.

Норми висіву за умови ранньої сівби впливали на варіювання врожайності сої. Збільшення норми висіву насіння з 700 до 800 тис./га сприяло збільшенню врожайності на 0,19 т/га, а збільшення норми висіву з 800 до 900 тис./га, навпаки, вплинуло на зменшення цього показника. Сівба сої за умови II строку сівби була найоптимальнішою з нормою висіву 700 тис./га, подальше загущення агрофітоценозу впливало на зниження урожайності сої. Сівба сої в період III строку сівби вплинула на формування високої урожайності за умови підвищеної норми висіву.

Найвища урожайність сої 2020 року була на варіанті з другим строком сівби та нормою висіву насіння 800 тис./га (табл. 7).

7. Урожайність сої залежно від строків сівби та норми висіву, т/га (2020 р.)

Дата та строк сівби	Норми висіву, тис. насінин / га			Середнє по строках сівби
	700	800	900	
23.04 – I	2,06	2,17	1,9	2,04
3.05 – II	2,19	2,48	2,04	2,24
13.05 - III	2,05	2,25	2,27	2,19
Середнє по нормах висіву	2,1	2,3	2,07	
$НІР_{0,05}$ А – 0,02; $НІР_{0,05}$ В – 0,02				

За умови III строку сівби кращий результат було отримано у варіантах із максимальною нормою висіву насіння 900 тис./га. А сівба сої в I строк сприяла підвищенню урожайності культури за умови норми висіву насіння 800 тис./га. У середньому по варіантах досліду максимальну врожайність було отримано в посівах другого строку сівби. А оптимальною нормою висіву для всіх строків сівби була 800 тис. насінин/га.

Погодні умови 2021 року були найбільш сприятливими для росту та розвитку сої порівняно з 2019 та 2020 роками. Максимальну врожайність 2,93 т/га було отримано у варіантах II строку сівби з нормою висіву насіння 700 тис./га (табл. 8).

8. Урожайність сої залежно від строків сівби та норми висіву, т/га (2021 р.)

Дата та строк сівби	Норми висіву, тис. насінин / га			Середнє по строках сівби
	700	800	900	
23.04 – I	2,08	2,24	2,35	2,22
3.05 – II	2,93	2,87	2,63	2,81
13.05 – III	2,28	2,66	2,75	2,56
Середнє по нормах висіву	2,43	2,59	2,58	
$НІР_{0,05}$ А – 0,03; $НІР_{0,05}$ В – 0,03				

Сівба культури у третій декаді квітня впливала на нерівномірні сходи та повільний розвиток рослин у початковий період росту. Посіви сої у варіантах із сівбою у другій декаді травня сходили та розвивались рівномірно, але в цей період ми спостерігали відсутність опадів та засушливі умови, що в подальшому впливало на меншу інтенсивність цвітіння та формування бобів.

У середньому за три роки найвища урожайність 2,61 т/га, була отримана у варіантах II-го строку сівби із нормою висіву насіння 800 тис./га (табл. 9).

9. Урожайність сої залежно від строків сівби та норм висіву насіння (2019–2021 рр.)

Дата та строк сівби	Норми висіву, тис. насінин / га			Середнє по строках сівби
	700	800	900	
23.04 – I	2,13	2,28	2,21	2,21
3.05 – II	2,54	2,61	2,34	2,50
13.05 - III	2,25	2,53	2,57	2,45
Середнє по нормах висіву	2,31	2,47	2,38	

Сівба культури у третій декаді квітня впливала на отримання низької врожайності сої незалежно від норми висіву. Затягування строків сівби сої ранньостиглого сорту до середини травня потребує збільшення норми висіву насіння до 900 тис./га.

З усіх досліджуваних факторів найбільший вплив на урожайність культури мав фактор року. Сорт сої Златослава необхідно сіяти в I-й декаді травня з нормою висіву насіння 800 тис./га.

Норми висіву встановлюють диференційовано [6, 7]. Необхідність диференціації норми висіву по сортах залежно від їхніх морфологічних особливостей і тривалості вегетаційного періоду відмічали багато дослідників [11], які рекомендували застосовувати більш високі норми для скоростиглих низькорослих сортів і менші – для високорослих пізньостиглих [12].

Висновки

Встановлена необхідність проведення експериментальних досліджень з метою визначення оптимальної норми висіву для кожного окремо взятого сорту в умовах відповідної зони вирощування, пов'язуючи це зі структурою посівних площ, місцем сої в сівозміні та строками сівби, що обумовлено змінами клімату. Під час проведення польового досліду за допомогою фенологічних спостережень було зафіксовано, що достигання рослин сої відбувалося значно раніше за умови сівби культури в ІІ-й та ІІІ-й строки сівби, норми висіву суттєво не впливали на тривалість вегетаційного періоду рослин сої сорту Златослава. Значну зміну тривалості вегетаційного періоду ми спостерігали під впливом погодних умов року проведення досліджень. 2019 та 2021 років період вегетації культури був довшим у середньому на 5 діб по всіх варіантах досліду порівняно з 2020 роком. Урожайність культури була вищою у варіантах із сівбою культури в І-й декаді травня з нормою висіву насіння 800 тис./га. Сівба культури у другій декаді травня краще впливала на продуктивність культури при загущеному агроценозі. Тому для виробничих посівів рекомендуємо проводити сівбу сої ранньостиглими сортами в першій декаді травня із нормою висіву насіння 800 тис./га. У більш пізні строки сівби необхідно збільшувати норму висіву насіння до 900 тис./га.

References

1. Barylko, M. G., Kolisnyk, I. V., Zakharenko, V. A., & Kolisnyk, A. V. (2020). Estimation ecological plasticity and stability of perspective selected samples of spring pebble vetch. *Feeds and Feed Production*, 89, 66–73. doi: 10.31073/kormovyrobnytstvo202089-06
2. Beliavskaya, L. (2017). The results of study of ecological stability and plasticity of Ukrainian soybean varieties. *Annals of Agrarian Science*, 15 (2), 247–251. doi: 10.1016/j.aasci.2017.05.003
3. Biliavska, L. H., Biliavskyi, Yu. V., Diyanova, A. A., & Mirny, N. V. (2021). Droughtresistant soybean varieties for Steppe and Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (1), 135–140. doi: 10.31210/visnyk2021.01.16
4. Milenko, O. G. (2015). Change of duration of vegetation period and phases of growth and development of soybean plants depending on growing conditions. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (1-2), 165–171. doi: 10.31210/visnyk2015.1-2
5. Milenko, O. H., Antonets, M. O., Kopan, D. V., Dobrovolskyi, S. O., & Lukina, A. R. (2021). Yield capacity of early-maturing soybean varieties depending on seeding rate. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (4), 103–111. doi: 10.31210/visnyk2021.04.13
6. Moldovan, V. G., Moldovan, Zh. A., & Sobchuk, S. I. (2020). Formation of seed yield of soybean varieties with different growing periods in the western Forest-steppe. *Feeds and Feed Production*, 89, 46–56. doi: 10.31073/kormovyrobnytstvo202089-04
7. Moldovan, Z. A., & Sobchuk, S. I. (2016). Urozhainist sortiv soi zalezhno vid strokiv sivby, norm vysivu ta abiotychnykh umov Pivnichnoho Podillia. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*, 82, 120–126. [In Ukrainian].
8. Pin'kovs'kyj, G. V., & Tanchyk, S. P. (2020). Produktyvnist' ta ekonomichna efektyvnist' vyroshhuvannja sonjashnyku zalezhno vid strokiv sivby ta gustoty stojannja roslyn u Pravoberezhnomu Stepu Ukrai'ny. *Agrobiologija*, 2, 115–123. doi: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-115-123 [In Ukrainian].
9. Pospielova, G. D., Kovalenko, N. P., Nechiporenko, N. I., Stepanenko, R. O., & Sherstiuk, O. L. (2021). Influence of fungicidal disinfectants on pathogenic complex and laboratory germination of soybean seeds. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (1), 72–79. doi: 10.31210/visnyk2021.01.08
10. Pospielova, H. D. (2015). Vydovyi sklad fitopatohennoi flory nasinnia soi. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1-2, 44–48. doi: 10.31210/visnyk2015.1-2.08 [In Ukrainian].
11. Rybalchenko, A. M. (2022). Manifestation of heterosis and degree of phenotypic dominance by elements of productivity and duration of period vegetation in F1 soybean. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: Agronomy and Biology*, 46 (4), 62–67. doi: 10.32845/agrobio.2021.4.9
12. Shepilova, T. P., Petrenko, D. I., Leshchenko, S. M., & Artemenko, D. Yu. (2021). Formation of soybean productivity depending on sowing time and plant growth regulators. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (4), 30–35. doi: 10.31210/visnyk2021.04.03
13. Shepilova, T. P., Petrenko, D. I., Leshchenko, S. M., Skrynnik, I. O., & Artemenko, D. Yu. (2021). Effectiveness of fertilizer application on soybean areas in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (1), 37–42. doi: 10.31210/visnyk2021.01.04

14. Shokalo, N. S., Bazhan, B. O., & Ozarov, A. S. (2020). Formuvannia nasinnievoi produktyvnosti horokhu zalezhno vid normy vysivu. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1, 61–66. doi: 10.31210/visnyk2020.01.06 [In Ukrainian].

15. Vozhegova, R. A., Borovik, V. O., Rubtsov, D. K., Bidnyna, I. O., & Klubuk, V. V. (2020). Modern aspects of solving the problem of saving nitrogen fertilizers when growing soybeans under irrigation. *Agrarian Innovations*, (1), 11–16. doi: 10.32848/agrar.innov.2020.1.2

16. Vozhegova, R. A., Naydonova, V. O., & Voronyuk, L. A. (2016). Productivity of soy at the different methods of basic treatment of soil and doses of fertilizers on irrigation. *Irrigated Agriculture*, 65, 20–22.

17. Vozhehova, R. A. (2020). Scientific bases of adaptation of irrigated agriculture systems to climatic changes – selection and varietal technologies. *Agrarian Innovations*, (1), 26–32. doi: 10.32848/agrar.innov.2020.1.4

18. Vozhehova, R. A., Lavrynenko, Yu. O., Marchenko, T. Iu., Borovyk, V. O., & Klubuk, V. V. (2019). Minlyvist oznaky «masa nasinnia iz roslyny» u hibrydiv soi riznykh hrup styhlosti. *Faktory Eksperymentalnoi Evoliutsii Orhanizmiv*, (24), 53–58. doi: 10.7124/FEEO.v24.1078 [In Ukrainian].

19. Vozhehova, R. A., Kokovikhin, S. V., Zayets, S. O., Netis, V. I., & Onufran, L. I. (2019). Efektyvnist′ vykorystannya sonyachnoyi enerhiyi posivamy soyi v umovakh zroshennya pivdnya Ukrayiny. *Zroshuvane Zemlerobstvo*, 71, 23–27. [In Ukrainian].

20. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Opryshko, V. P., & Kostohryz, P. V. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii*. Kyiv: Diia [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 20.05.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Міленко О. Г., Соломон Ю. В., Вегеренко В. С. Вплив агротехнічних факторів на урожайність сої. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 119–126.

© Міленко Ольга Григорівна, Соломон Юлія Володимирівна, Вегеренко Володимир Сергійович, 2022

Agriculture. Plant growing
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 635.657:631.53.01/.0276006.83:632.913 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.15**

INFLUENCE OF PRE-SEED TREATMENT ON SOWING QUALITIES AND PHYTOSANITARY CONDITION OF NUTTLE SEEDS

G. Pospielova* ORCID 0000-0002-8030-1166
N. Kovalenko ORCID 0000-0001-5998-1745
N. Nechiporenko ORCID 0000-0003-2572-9095
O. Sherstiuk ORCID 0000-0003-0834-5663
O. Morozov

Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovoroda St., Poltava, 36000, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: ganna.pospielova@pdaa.edu.ua

How to Cite

Pospielova, G., Kovalenko, N., Nechiporenko, N., Sherstiuk, O., & Morozov, O. (2022). Influence of pre-seed treatment on sowing qualities and phytosanitary condition of nuttle seeds. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 127–134. doi: 10.31210/visnyk2022.02.15

In modern conditions of agriculture in Ukraine, there is a growing need to control the phytosanitary state of seed material and its influence on seed quality. The purpose of the study is to find out the possibility of increasing the condition of chickpea seeds using poisons and microbiological preparations. Determination of laboratory germination and study of the microflora of seeds was carried out by the method of germination in a humid chamber, the substrate was filter paper and sand. The test object is chickpea grain of the Zekhavit variety of the 2020 and 2021 harvest. Pesticides of various origins were used in the experiments. Among them are FitoDoctor, Trichodermin, Biophosphorin, Maxim Advance. The control option is seeds without treatment. Low quality indicators of seed material were established. Chickpea seeds are considered to be conditioned with a laboratory germination of not less than 90%. In the years of research (2020–2021), this indicator was 70.3% and 71.0%, respectively. The grain infectivity of the 2021 harvest reached 76.4%, which is 2.9% more than in 2020. The influence of pesticides of chemical and biological origin on the level of infection of seeds with pathogenic microorganisms and the species composition of pathogens (Alternaria Nees., Fusarium Link, Botrytis Mich., Mucor Mich., Aspergillus Mich., Penicillium Link., Pseudomonas spp.) was studied. The studied drugs inhibited the development of pathogens and had a positive effect on the laboratory germination of chickpea seeds of the Zekhavit variety. Biofungicide FitoDoctor reduced the level of contamination by 20.0%, mainly due to bacterial infection. During the use of composite mixtures, tendencies of a positive effect on sowing qualities and phytosanitary condition of seeds were revealed. Fungicidal protoxin Maxim Advance showed rather weak antibacterial activity. The obtained results indicate that it is impractical to study microbiological fungicides in the conditions of a wet chamber on filter paper. With the use of a sandy substrate, 87.3% and 89.8% of conditionally healthy seedlings were obtained from the total number of germinated grains (86.5% and 87.3%). Pesticides of biological and chemical origin have shown equivalent antimicrobial effectiveness. The positive effect of biological preparations (FitoDoctor, Trichodermin) and compositions (FitoDoctor + Trichodermin and Biophosphorin + PhytoDoctor + Trichodermin) on the laboratory germination of chickpea seeds and sufficiently high biological efficiency against conditionally parasitic types of microorganisms have been proven.

Key words: *chickpea, seed quality, phytosanitary status, biopesticides, bacterial and fungal microflora, contamination.*

ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НА ПОСІВНІ ЯКОСТІ ТА ФІТОСАНІТАРНИЙ СТАН НАСІННЯ НУТУ

Г. Д. Поспєлова, Н. П. Коваленко, Н. І. Нечипоренко, О. Л.Шерстюк, О. М. Морозов
Полтавський державний аграрний університет, Полтава, Україна

У сучасних умовах ведення сільського господарства в Україні зростає необхідність контролю за фітосанітарним станом насіннєвого матеріалу та його впливом на посівні якості насіння. Мета дослідження: з'ясувати можливості підвищення кондиційності насіння нуту за умови використання протруйників і мікробіологічних препаратів. Визначення лабораторної схожості і вивчення мікрофлори насіння здійснювали методом пророщування у вологій камері, субстрат – фільтрувальний папір та пісок. Тест-об'єкт – зерно нуту сорту Зехавіт урожаю 2020 і 2021 років. У дослідах використано пестициди різного походження: ФітоДоктор, Триходермін, Біофосфорин, Максим Адванс, Контрольний варіант – насіння без обробки. Встановлено низькі показники якості насіннєвого матеріалу. Насіння нуту вважається кондиційним за умови лабораторної схожості не нижче 90 %. У роки досліджень (2020–2021 рр.) цей показник становив 70,3 % і 71,0 % відповідно. Інфікованість зерна урожаю 2021 року досягла 76,4 %, що на 2,9 % більше, ніж 2020 року. Вивчено вплив пестицидів хімічного і біологічного походження на рівень інфікованості насіння патогенними мікроорганізмами та видовий склад збудників (Alternaria Nees., Fusarium Link, Botrytis Mich., Mucor Mich., Aspergillus Mich., Penicillium Link., Pseudomonas spp.). Досліджувані препарати пригнічували розвиток патогенів і позитивно вплинули на лабораторну схожість насіння нуту сорту Зехавіт: біофунгіцид ФітоДоктор знизив рівень контамінації на 20,0 % переважно через бактеріальну інфекцію. За умови використання композиційних сумішок виявлена тенденції позитивного впливу на посівні якості і фітосанітарний стан насіння. Фунгіцидний протруйник Максим Адванс виявив досить слабку антибактеріальну активність. Отримані результати свідчать, що вивчення мікробіологічних фунгіцидів недоцільно проводити в умовах вологої камери на фільтрувальному папері. У разі використання піщаного субстрату отримано 87,3 % і 89,8 % умовно здорових проростків від загальної кількості пророслих зернівок (86,5 % і 87,3 %). Пестициди біологічного і хімічного походження виявили рівноцінну антимікробну ефективність. Доведено позитивний вплив біологічних препаратів (ФітоДоктор, Триходермін) та композицій (Фітодоктор+Триходермін і Біофосфорин + ФітоДоктор + Триходермін) на лабораторну схожість насіння нуту та достатньо високу біологічну ефективність проти умовно паразитичних видів мікроорганізмів.

Ключові слова: *нут, посівні якості, фітосанітарний стан, біопестициди, бактеріальна і грибна мікрофлора, контамінація.*

Вступ

Перспективною культурою для продовольчих та економічних проблем з огляду на зміни клімату як в Україні, так і за її межами є нут. Це цінне джерело високоякісного білка та амінокислот. Невибагливість культури до умов вирощування та цінність у сівозміні як попередника роблять його привабливим для посушливих регіонів [7, 10].

Для отримання стабільних урожаїв нут потребує запровадження якісної системи захисту від хвороб та шкідників. Найбільших втрат культурі завдають кореневі гнилі та плямистості (34–50 %) [3, 9, 14, 19, 20, 22].

В обмеженні розповсюдження та шкодоспроможності більшості хвороб вирішальне значення має здоровий насіннєвий матеріал. Приріст урожаю при використанні повноцінного насіння може складати від 10 % до 50 %. Це відповідає ефективності таких дієвих заходів, як застосування добрив, заходів захисту чи нових сортів [2, 11, 16]. Однією з основних вимог інтегрованого захисту культур від хвороб є фітосанітарна діагностика, яка ґрунтується на обліку і прогнозі комплексу динамічних процесів, що відбуваються в агроценозі [13].

Наразі найбільш ефективним заходом профілактики ураження сходів сільськогосподарських культур патогенними мікроорганізмами є сівба протруєним насінням. Такий метод захисту знищує збудників захворювання на поверхні насіння і зменшує шкідливу дію хвороби на проростки на початковому етапі захворювання, однак не може захистити від ураження зерно нового урожаю. Якісне за посівними показниками інкрустоване насіння здатне протистояти інфекції, і за сприятливих погодних умов втрати врожаю від хвороб не перевищують 5–7 % [9, 15].

Застосування хімічного захисту від збудників хвороб не завжди дає можливість досягти бажаного результату. Постійне зростання обсягів застосування пестицидів призводить до забруднення довкілля, появи стійких штамів і популяцій патогенів, частота виникнення яких випереджає створення хімічних препаратів, негативно впливає на симбіоз між азотфіксуючими бактеріями і бобовими рослинами. Зважаючи на це, актуальність питань дослідження біологічної технології захисту рослин, які ґрунтуються на природних агентах біологічної регуляції шкідливих видів, не викликає сумніву [1, 5, 18, 22].

Результати сучасних досліджень проведених вітчизняними та іноземними дослідниками свідчать про те, що ризосферні мікроорганізми є посередниками у забезпеченні культур поживними речовинами. Варто відмітити, що вони беруть участь у біосферних процесах, до яких відносяться азотфіксація, фосфатмобілізація, антагонізм фітофільних організмів до фітопатогенів, синтез біологічно активних речовин тощо [4, 8, 21].

Альтернативою пестицидам у боротьбі з грибними і бактеріальними хворобами рослин є біологічні препарати на основі антагоністичних мікроорганізмів. Використання біопрепаратів має низку переваг при обробці насіння бобових культур насамперед завдяки різнобічним механізмам впливу на розвиток та фізіологічну активність патогенів: конкуренція за субстрат, продукування речовин з антагоністичними властивостями (антибіотики, бактерицидні сполуки та ін.), гіперпаразитизм – біологічні фунгіциди не викликають виникнення ефекту резистентності у патогенів. Здатність мікроорганізмів цього класу розвиватися у прикореневій зоні рослин забезпечує її тривалий захист. Також біофунгіциди забезпечують підвищення стійкості рослин до повторного зараження патогенами на більш пізніх етапах розвитку, що пов’язано з активізацією пероксидази і каталази рослин, синтезом низки фізіологічно-активних речовин (саліцилової, жасминової та арахідонової кислот). Важливою є здатність біофунгіцидів стимулювати розвиток рослин на відміну від більшості хімічних протруйників [5].

Наразі відповідно до сучасних програм комплексної біологізації захисту рослин спостерігається світова тенденція до скорочення використання пестицидів, з’являються нові технології з альтернативними елементами [3, 18].

Мета дослідження: з’ясувати можливості підвищення кондиційності насіння нуту сорту Зехавіт за умови використання протруйників і мікробіологічних препаратів.

Завдання дослідження: проаналізувати посівні якості і фітосанітарний стан насіння нуту сорту Зехавіт урожаю 2020 і 2021 років; визначити видовий склад контамінуючої мікрофлори; вивчити вплив обробки насіннєвого матеріалу препаратами хімічної і біологічної природи на рівень його кондиційності.

Матеріали і методи досліджень

Визначення лабораторної схожості і вивчення мікрофлори насіння здійснювали методом пророщування у вологій камері в ростильнях з використанням субстратів фільтрувальний папір та пісок згідно з ДСТУ 2240-93 (1994) [6]. Як тест-об’єкт ми використали зерно нуту сорту Зехавіт урожаю 2020 і 2021 років.

На аналіз закладали по 25 насінин у 3-и кратній повторності відповідно до загальноприйнятих методик. Аналіз фітопатогенної флори насіння визначали згідно з рекомендаціями фахівців Інституту рослинництва імені В. Я. Юр’єва УААН [12].

У дослідах використовували пестициди різного походження: ФітоДоктор, п, Триходермін, п, Біофосфорин, к.р., Максим Адванс, тн. Контрольний варіант – насіння без обробки.

Схема досліду:

1. Контроль;
2. ФітоДоктор 1л/т;
3. ФітоДоктор 1л/т, Триходермін 2 л/т;
4. Біофосфорин 1л/т, ФітоДоктор 1л/т, Триходермін 1л/т;
5. Максим Адванс, тн 1л/т;

Для з’ясування впливу цих препаратів на посівні якості та розвиток рослин нут вирощували до фази сім’ядольних листків у вегетаційних ємностях.

Насіння інкубували при температурі +20º–25ºС. Облік лабораторної схожості проводили на 5-й та 8-й день, а енергії проростання – на 3–4-й день. Зараженість насіння збудниками хвороб визначали мікроскопуванням методом роздавленої краплі.

Для об'єктивної оцінки дії пестицидів та виключення впливу інших факторів (поживні речовини) дослідження проведено на піщаному субстраті (стерильний пісок 500 г та кип'ячена вода 85 мл на один зразок). Кожен зразок протягом періоду досліджень перебував ізольовано при постійних показниках температури (+22ºС) і вологості (90 %). Огляд рослин з метою визначення їхнього фітосанітарного стану проводився на 8-й та 10-й день.

Результати досліджень та їх обговорення

Проведення макро- та мікроскопічного аналізу насіння дає можливість визначити його зараженість деякими патогенами, насамперед тими, які зберігаються на насінні і проявляються характерними симптомами у вигляді зміни забарвлення насіння, некрозів, ексудатів, розростання або наявності на насінні типового для певних видів спороношення грибів [17].

Результати проведених досліджень свідчать про низьку енергію проростання нуту урожаю 2020 р. – 52,3 % та 2021 р. – 54,5 %. Кондиційним вважається насіння цієї культури за умови лабораторної схожості 80 % і вище, однак у роки досліджень (2020–2021 рр.) цей показник становив 70,3 % і 71,0 % відповідно. Окрім енергії проростання та лабораторної схожості ми визначали рівень контамінації факультативними паразитами насіння нуту. Так, інфікованість зерна урожаю 2021 року досягла 76,4 %, що на 2,9 % більше, ніж 2020 року (рис. 1).

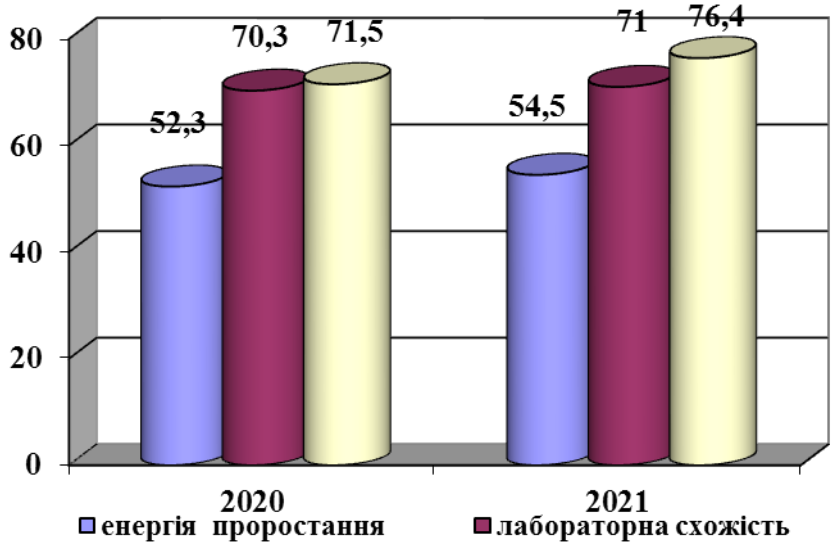


Рис. 1. Посівні якості насіння нуту сорту Зехавіт урожаю 2020 і 2021 рр.

Визначення рівня контамінації зерна нуту сорту Зехавіт дало можливість оцінити фітосанітарний стан як середній. Цей показник не мав прямого зв'язку з лабораторною схожістю.

Аналіз мікрофлори, виділеної з насіння нуту сорту Зехавіт, дає підстави стверджувати про наявність представників фітопатогенних та сапротрофних грибів і бактерій, що асоційовані з насінням.

Варто відмітити, що окрім чистої грибної або бактеріальної флори на насінні спостерігали змішану інфекцію, але її відсоток був досить низьким.

Мікологічний складник мікрофлори був представлений широким спектром грибів різних родів: *Alternaria* Nees., *Fusarium* Link, *Botrytis* Mich., *Mucor* Mich., *Aspergillus* Mich., *Penicillium* Link., а бактеріальний – *Pseudomonas spp.* (табл. 1).

Найбільшу частку ізолятів становили гриби родів *Mucor* (34,5 та 48,8 %) і *Alternaria* (33,7 та 28,73 %). Дещо менше поширення мали бактерії роду *Pseudomonas* (23,0 та 17,5 %).

Контамінація представниками роду *Fusarium* становила 4,6 % та 7,2 % від загальної кількості проаналізованого насіння. Несподівано високим рівнем поширеності характеризувалися гриби *Sclerotinia sclerotiorum*, причому на насінні урожаю 2021 р. цей показник удвічі вищий (8,1 %) порівняно з попереднім роком. Можна відзначити незначну (2,5 %) присутність грибів роду *Botrytis* на насінні урожаю 2020 р.

1. Видовий склад фітопатогенної флори на насінні нуту сорту Зехавіт (результати мікроскопічного аналізу)

Збудник	2020 р.	2021 р.
Alternaria spp.	33,7±0,7*	28,7±1,0
Fusarium spp.	4,6±1,3	7,2±0,5
Botrytis cinerea	2,5±1,0	–
Sclerotinia sclerotiorum	4,3±0,6	8,1±2,1
Pseudomonas spp.	23,0±1,5	17,5±0,8
Mucor spp.	34,5±0,7	48,8±1,4
Aspergillus spp.	1,2±1,0	1,8±0,3
Penicillium spp.	2,1±0,2	3,5±0,6

Примітки: * X±Sx.

Досить широко були репрезентовані на насінні нуту також представники вторинної інфекцій (*Aspergillus* та *Penicillium*), контамінація якими варіювала в межах від 1,2 % до 48,8 %. Частка кожного з цих патогенів була незначною (1,2–3,5 %), але необхідно зважати на те, що вони спричиняють пліснявіння насіння і загнивання проростків.

Узагальнюючи отримані дані, необхідно відмітити, що виявлений патогенний комплекс представлений як паразитичними, так і сапрофітними мікроорганізмами, які можуть у період проростання насіння і формування сходів спричиняти загнивання проростків і кореневі гнилі.

Одним із найбільш ефективних, цільових, економічно й екологічно доречних заходів є протруювання, яке забезпечує максимальний ефект при мінімальному супутньому негативному впливі на компоненти агроценозу [2].

Переважна більшість сучасних протруйників – це хімічні препарати, які негативно впливають на довкілля. Саме тому пошук ефективних біопрепаратів для захисту нуту на ранніх етапах онтогенезу, підбір і дослідження їхнього впливу на схожість насіння та розвиток рослин є необхідним і актуальним.

Зважаючи на отримані дані фітоекспертизи насіння нуту різних партій, ми вважали за необхідне вивчити ефективність знезараження посівного матеріалу пестицидами хімічного і біологічного походження. Вплив пестицидів на рівень інфікованості насіння патогенними мікроорганізмами та видовий склад збудників представлені в таблицях 2 і 3.

У контрольному варіанті переважала мікологічна інфекція, представлена грибами родів *Alternaria, Fusarium, Sclerotinia sclerotiorum* та *Mucor* (за сумарної інфікованості 74,3 %).

2. Вплив фунгіцидних препаратів на лабораторну схожість та інфікованість насіння нуту сорту Зехавіт (фільтрувальний папір)

Варіант	Лабораторна схожість, %	Інфікованих насінин, %	Видовий склад патогенів, %					
			бактеріоз	*Alternaria,*	*Fusarium*	*Aspergillus*	*Mukor*	*Penicillium*
Контроль	73,3	74,3	21,8	29,1	4,2	1,1	41,5	2,2
Фітодоктор, п. 1 л/т	73,6	54,3	6,8	15,8	2,5	0,9	32,0	1,7
Фітодоктор, п. 1 л/т+ Триходермін, п. 2 л/т	75,3	53,2	6,6	15,0	2,4	0,7	31,0	1,2
Біофосфорин, р. 1 л/т + ФітоДоктор, п. 1 л/т + Триходермін, п. 1 л/т	78,3	53,5	6,5	15,7	1,9	0,6	30,7	1,0
Максим Адванс, тн. 1 л/т	71,7	7,5	6,9	0,5	0,5	0	2,0	-

Варто відмітити, що всі досліджувані біологічні препарати пригнічували розвиток патогенів і позитивно вплинули на лабораторну схожість насіння нуту сорту Зехавіт. У варіанті із застосуванням біологічного фунгіцида ФітоДоктор лабораторна схожість збільшилась порівняно із контролем лише на 0,3 %, рівень інфікування знизився на 20,0 % і становив 54,3 %. Цей препарат проявив досить високу ефективність проти бактеріальної інфекції, рівень якої знизився до 6,8 %, ніж контрольний показник – 21,8 %. Мікологічну інфекцію цей препарат пригнічував недостатньо ефективно, особливо розвиток грибів роду *Mucor*. Поширеність фузаріозної інфекції зменшилась майже вдвічі, рівень прояву аспергілльозної плісняви практично залишився на рівні контролю.

У варіантах з використанням композиції препаратів ФітоДоктор + Триходермін лабораторна схожість насіння зросла на 2,0 %, а рівень інфікування насіння практично не змінився порівняно з попереднім варіантом (ФітоДоктор). Композиція Біофосфорин + Фітодоктор + Триходермін показала аналогічний результат.

Застосування фунгіциду Максим Адванс забезпечило зниження інфікованості насіння до 7,5 %, за наявності бактеріальної інфекції на 6,9 % насінин, що свідчить про досить слабку антибактеріальну активність діючих речовин (флудіоксаніл, металаксил-М, тіабендазол).

Отримані результати свідчать, що вивчення мікробіологічних фунгіцидів недоцільно проводити в умовах вологої камери на фільтрувальному папері. Підвищенню об’єктивності даних сприяє використання як субстрату піску (табл. 3).

У варіантах з використанням препарату ФітоДоктор і композиції ФітоДоктор+Триходермін лабораторна схожість реєструвалась майже на одному рівні – 86,5 % і 87,3 %, як і кількість умовно здорових проростків (87,3 % і 89,8 %). Фактично обидва препарати виявили рівноцінну антимікробну ефективність; у композиційній суміші вони були більш ефективними проти мікологічної інфекції, прояв якої зменшився на 2,0 % порівняно з препаратом ФітоДоктор.

3. Вплив фунгіцидних препаратів на лабораторну схожість та інфікованість насіння нуту сорту Зехавіт (піщане середовище)

Протруйники	Схожість, %	Здорові проростки %	Прояв інфекції на сім’ядольних листках	
			грибами	бактеріями
Контроль (обробка водою)	77,3	79,6	15,6	4,8
Максим Адванс, тн. 1 л/т	85,5	92,8	11,2	4,3
Фітодоктор, п. 1 л/т	86,5	87,3	10,4	2,3
Фітодоктор, п. 1 л/т + Триходермін, п. 2 л/т	87,3	89,8	8,4	1,7
Біофосфорин, р. 1 л/т + ФітоДоктор, п. 1 л/т+ Триходермін, п. 1 л/т	90,0	91,8	7,9	1,3
$НІР_{095}$	2,6		6,5	2,1

У варіанті з використанням композиції Біофосфорин + ФітоДоктор + Триходермін лабораторна схожість становила 90,0 %, при цьому 8,2 % проростків мали ознаки ураження. Аналогічні дані отримані у варіанті з використанням хімічного протруйника Максим Адванс, тн. (92,8 %). Вищий антибактеріальний ефект ми спостерігали при застосуванні такої композиції біопрепаратів. Рівень контамінації знизився до 1,3 %, що майже в чотири рази нижче, ніж у контролі.

Висновки

Оцінка партій насіння нуту сорту Зехавіт урожаю 2020 і 2021 рр. показала недостатній рівень кондиційності (лабораторна схожість – 70,3 % і 71,0 %). За допомогою обробки насіннєвого матеріалу біофунгіцидами і протруйниками можна підвищити цей показник до необхідного рівня. В результаті проведення фітоекспертизи насіння виявлено мікологічну (*Alternaria* Nees., *Fusarium* Link, *Botrytis* Mich., *Mucor* Mich., *Aspergillus* Mich., *Penicillium* Link.) і бактеріальну (*Pseudomonas spp.*) мікрофлору. Вивчення мікробіологічних фунгіцидів недоцільно проводити в умовах вологої камери на фільтрувальному папері. Підвищенню об’єктивності даних сприяє використання як субстрату піску.

Доведено позитивний вплив біологічних препаратів (ФітоДоктор, Триходермін) та композицій (Фітодоктор + Триходермін і Біофосфорин + ФітоДоктор + Триходермін) на лабораторну схожість насіння нуту та достатньо високу біологічну ефективність проти умовно паразитичних видів мікроорганізмів.

References

1. Antykryzovi rishennia dlia suchasnoho roslynnytstva. (2020). Vinnytsia. TO «TD «Enzym-Ahro» [In Ukrainian].

2. Borona, V. P., Derevianskyi, V. P., & Karasevych, V. V. (2010). Vplyv biopreparativ na shkidlyvi orhanizmy ta produktyvnist zernobobovykh ta zernovykh kultur. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*, 73, 173–179. [In Ukrainian].

3. Bushulian, O. V., & Babaiants, O. V. (2014). Zakhyst nutu vid shkidlyvykh orhanizmiv. *Ahronom*, 1, 156–161. [In Ukrainian].

4. Volkohon, V. V. (2011). Biolohichni aspekty rodiuchosti gruntiv. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*, 1, 29–36. [In Ukrainian].

5. Didovych, S. V. (2011). Mikrobni preparaty yak alternatyva khimichnym funhitsydam pry vyroshchuvanni nutu. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*, 70, 41–47. [In Ukrainian].

6. DSTU 2240-93 Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Sortovi ta posivni yakosti. Tekhnichni umovy. Chynnyi vid 1994-07-01. (1994). Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. Kyiv [In Ukrainian].

7. Kvitko, H. P., Mykhalchuk, D. P., & Karasevych, V. V. (2013). Perspektyvy vyroshchuvannia nutu posivnoho v umovakh lisostepu Ukrainy. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*, 75, 113–120. [In Ukrainian].

8. Padda, K. P., Puri, A., & Chanway, C. P. (2017). Paenibacillus polymyxa: A Prominent Biofertilizer and Biocontrol Agent for Sustainable Agriculture. *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture*, 165–191. doi: 10.1007/978-981-10-5343-6_6

9. Kyryk, M. M., Taranukho, Yu. M., Pikovskyi, M. Y., & Diachenko, O. M. (2014). Rozvytok korenevykh hnylei nutu ta vydovyi sklad yikh zbudnykiv. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannia Ukrainy: Seriia: Ahronomiia*, 195 (1), 152–155. [In Ukrainian].

10. Melnyk, A. V., Sorokolit, Ye. M., & Bilokin, V. O. (2020). Perspektyvy vyroshchuvannia nutu v zviazku zi zminoiu klimatu v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Zbirnyk tez III mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo. Vyklyky dlia ahrarnoi nauky ta osvity»*. Kyiv [In Ukrainian].

11. Morozov, O. M., Pospielova, H. D., & Nechyporenko, N. I. (2021). Osoblyvosti infikuvannia nutu mikromitsetamy. *Suchasni aspekty i tekhnolohii u zakhysti roslyn : materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychhoi internet konferentsii.* Poltava: PDAA [In Ukrainian].

12. Petrenkova, V. P., Cherniaieva, I. M., Markova, T. Iu., Chornobai, L. M., Borovska, I. Yu., & Sokol, T. V. (2004). *Nasinnieva infektsiia polovykh kultur*. Kharkiv: IR im. V. Ya. Yurieva UAAN [In Ukrainian].

13. Pysarenko, V. M., Pishchalenko, M. A., Horb, O. O., Pospielova, H. D., Kovalenko, N. P., & Sherstiuk, O. L. (2020). *Intehrovanyi zakhyst roslyn*. Poltava [In Ukrainian].

14. Pikovskyi, M. I. (2014). Diahnostychni oznaky siroi hnyli nutu. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 9, 1–3. [In Ukrainian].

15. Pospielova, H. D., Barabolia, O. V., & Morozova, O. O. (2018). Vplyv biolohichnykh preparativ na fitosanitarnyi stan nasinnia soi. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 37–42. doi: 10.31210/visnyk2018.04.05 [In Ukrainian].

16. Pospielova, H. D., Kovalenko, N. P., Nechyporenko, N. I., Stepanenko, R. O., & Sherstiuk, O. L. (2021). Vplyv funhitsydnykh protruinykiv na patohennyi kompleks i laboratornu skhozhist nasinnia soi. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1, 72–79. doi: 10.31210/visnyk2021.01.08 [In Ukrainian].

17. Potlajchuk, V. I., & Semenov, A. Ya. (1979). Fitopatologicheskaya ekspertiza semyan. *Zashita Rastenij*, 10, 25–26. [In Russian].

18. Cherkashin, V. N., Cherkashin, G. V., & Kolomijceva, V. A. (2017). Poisk preparatov dlya zashity posevov soi i nuta. *Zashita i Karantin Rastenij*, 8, 24. [In Russian].

19. Sharma, K. D., Chen, W., & Muehlbauer, F. J. (2005). Genetics of Chickpea Resistance to Five Races of Fusarium Wilt and a Concise Set of Race Differentials for *Fusarium oxysporum* f. sp. ciceris. *Plant Disease*, 89 (4), 385–390. doi: 10.1094/pd-89-0385

20. Sharma, K. D., & Muehlbauer, F. J. (2007). Fusarium wilt of chickpea: physiological specialization, genetics of resistance and resistance gene tagging. *Euphytica*, 157 (1-2), 1–14. doi: 10.1007/s10681-007-9401-y

Стаття надійшла до редакції: 22.05.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Поспєлова Г. Д., Коваленко Н. П., Нечипоренко Н. І., Шерстюк О. Л., Морозов О. М. Вплив передпосівної обробки на посівні якості та фітосанітарний стан насіння нуту. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 127–134.

© Поспєлова Ганна Дмитрівна, Коваленко Нінель Павлівна, Нечипоренко Наталія Іванівна, Шерстюк Олена Леонідівна, Морозов Олександр Михайлович, 2022

Agriculture. Plant growing
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 632.7: 633.11.004.12 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.16**

IMPACT OF DAMAGE OF WINTER GRAIN WHEAT BY THE CORN BUG (EURYGASTER INTEGRICEPS PUT.) ON THE CROP AND GRAIN QUALITY

T. Chaika[1]* ORCID 0000-0002-5980-7517
O. Barabolia[2] ORCID 0000-0003-4123-9547

[1] Academy of Sciences of Technological Cybernetics of Ukraine, Poltava Department, 3 Kovalia Str., Poltava, 36014, Ukraine
[2] Poltava State Agrarian University, 1/3 Skovorody Str., Poltava, 36003, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: chayka_ta@ukr.net

How to Cite: *Chaika, T., & Barabolia, O. (2022). Impact of damage of winter grain wheat by the corn bug (Eurygaster integriceps Put.) on the crop and grain quality. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 135–141. doi: 10.31210/visnyk2022.02.16*

Today's challenges require ensuring the yield and quality of wheat grain as the main food crop for the food security of Ukraine and the countries of the world. Every year, the reasons for the lack of harvest of cereal grain crops and the deterioration of their quality are the influence of pests, especially the corn bug. The purpose of the article is to study the yield and physical qualities of the Ukrainka Poltavska soft winter wheat grain depending on the degree of damage by the corn bug (Eurygaster integriceps Put.). Soft winter wheat of the Ukrainka Poltavska variety was grown on the experimental field of the Poltava State Agrarian University in the conditions of the forest steppe. The soil of the experimental site corresponded to the following characteristics: dark gray, gilded, dusty-heavy loamy by mechanical composition, humus content in the arable layer – 3.77–3.93 %, pH=5.8–6. Quality research was carried out in the Scientific Research Laboratory of Grain Quality named after H. P. Zhemela using appropriate equipment, dishes, and reagents. The results of the research indicate the negative impact of damage to winter wheat of the Ukrainka Poltava variety by the harmful shell bug on its yield and grain quality. It was established that an increase in the degree of grain damage up to 25.3 % harmed yield and quality indicators: yield decreased by 10 %, the weight of 1000 grains – by 10.1 %, nature – by 6 %, vitrification – by 35.2 % compared to the corresponding indicators of healthy grain. The conducted correlation analysis showed the existence of a very close negative relationship between grain damage by a harmful beetle and yield indicators (r=-0.9839), the weight of 1000 grains (r=-0.9840), nature (r=-0.9888), and vitrification (r=-0.9975). Regression analysis proved the dependence of the average value of each of the indicators on the degree of grain damage (x) and the weight of 1000 grains (y): yield – Y=0.323–0.0008x+1.1476y; grain types – Y=1031.5972–2.8285x–5.2304y; vitreous grain - Y=101.0462–1.346x–0.2495y.

Key words: *winter wheat, corn bug (Eurygaster integriceps Put.), productivity, the weight of 1000 grains, nature of grain, vitrification.*

ВПЛИВ ПОШКОДЖЕННЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ КЛОПОМ ШКІДЛИВА ЧЕРЕПАШКА (*EURYGASTER INTEGRICEPS PUT.*) НА ЇЇ ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА

Т. О. Чайка[1], ***О. В. Бараболя***[2]
[1] Полтавське відділення академії наук технологічної кібернетики України, м. Полтава, Україна
[2] Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Виклики сьогодення вимагають забезпечити урожайність і якість зерна пшениці як основної харчової культури задля забезпечення продовольчої безпеки України та країн світу. Щорічно

причинами недобору врожаю зернових колосових культур і погіршення його якості є вплив шкідливих організмів, особливо клопа шкідлива черепашка. Метою статті є дослідження урожайності та фізичних якостей зерна пшениці м'якої озимої сорту Українка Полтавська залежно від ступеня пошкодженості клопом шкідлива черепашка (Eurygaster integriceps Put.). Вирощування пшениці м'якої озимої сорту Українка Полтавська відбувалося на дослідному полі Полтавського державного аграрного університету в умовах Лісостепу. Ґрунт дослідної ділянки має такі характеристики: темно-сірий опідзолений, за механічним складом – пилувато-важкосуглинистий, вміст гумусу в орному шарі – 3,77–3,93 %, pH=5,8–6. Дослідження якості проводили в Науково-дослідній лабораторії якості зерна імені Г. П. Жемели з використанням відповідного обладнання, посуду та реактивів. Проведені дослідження свідчать про негативний вплив пошкодження пшениці озимої сорту Українка Полтавська клопом шкідлива черепашка як на її врожайність, так і на якість зерна. Визначено, що зростання ступеня пошкодження зерна до 25,3 % негативно вплинуло на показники урожайності та її якості: врожайність зменшилася – на 10 %, маса 1000 зерен – на 10,1 %, натура – на 6 %, склоподібність – на 35,2 % порівняно з відповідними показниками здорового зерна. Проведений кореляційний аналіз показав наявність дуже високого негативного зв'язку між рівнем пошкодження зерна клопом шкідлива черепашка та показниками урожайності (r=-0,9839), масою 1000 зерен (r=-0,9840), натурою (r=-0,9888) і склоподібністю (r=-0,9975). Виконаний регресійний аналіз засвідчив залежність середнього значення кожного з показників від ступеня пошкодження зерна (x) та маси 1000 зерен (y): врожайності – Y=0,323–0,0008x+1,1476y; натури зерна – Y=1031,5972–2,8285x–5,2304y; склоподібності зерна – Y=101,0462–1,346x–0,2495y.

Ключові слова: *пшениця озима, клоп шкідлива черепашка, урожайність, маса 1000 зерен, натура зерна, склоподібність.*

Вступ

Продовольча безпека країни завжди була актуальним і головним питанням державної політики, оскільки гарантувало захищеність життєвих інтересів людини як головного чинника стабільності країни і її розвитку. Наразі продовольче питання набирає світового масштабу через можливі вкрай негативні наслідки блокування морських портів України у Чорному морі та неможливості експортувати запаси сільськогосподарської продукції до інших країн світу, які залежать від українського експорту. За даними Міністерства аграрної політики та продовольства України, основними покупцями вітчизняної агропродовольчої продукції були такі країни (частина у структурі експорту сільськогосподарської продукції та продовольчих товарів): країни-члени ЄС, включаючи Великобританію (30,2 %); Китай (15,4 %); країни Африки (13,3 %); Індія (6,5 %); Нідерланди (6,4 %); Єгипет (5,9 %); Туреччина (4,8 %) [1–3].

За 2021 рік з України було експортовано аграрної продукції на загальну суму 27,8 млрд дол. США, що дорівнює 41 % загальноукраїнського експорту. Порівняно з попереднім роком цей показник збільшився на 25 %. Найбільша частка вітчизняного експорту (56 %) приходиться на продукцію рослинництва, де найвагомішими складниками є торгівля зерновими культурами, соняшниковою олією, насінням олійних культур і макухою, твердими відходами від вилучення рослинних жирів та олій [4].

Цього року, коли посівна компанія в Україні відбувалася під час активних бойових дій, і було засіяно майже 80 % прогнозованих площ під ярі культури ранньої групи. Станом на початок травня 2022 р. прогнозовані площі посіву основних ярих сільськогосподарських культур під урожай 2022 року на контрольованій Україною території складають 14 138,8 тис. га [5], що на 19,6 % менше від показника минулого року. Сівбу ярих культур проводили 23 області України, окрім Луганської, оскільки бойові дії проходять практично на всій її території. У деяких областях посівна відбувалася частково, оскільки площі сільськогосподарських угідь знаходяться або в окупації, або близько до лінії фронту, або заміновані [6].

При цьому за усередненим прогнозом 2022 року очікується спад обсягів виробництва практично усіх видів сільськогосподарської продукції приблизно на 35 % (зокрема зернових та олійних – на 20–25 %) [7–8] через нестачу паливно-мастильних матеріалів, засобів захисту рослин, добрив, а інколи й насіння, мінуванням полів та окупацією територій. Додаткові негативні фактори, що можуть

впливати на рівень урожаю 2022 року, це – скільки посівів зможе достигнути через хаотичність обстрілів, скільки вдасться зібрати з огляду на дефіцит паливно-мастильних матеріалів і можливу ескалацію. Однак, за даними деяких дослідників [8], очікуваний обсяг урожаю зернових та олійних складає від 62 до 70 млн т, із них пшениці – 18–19 млн т, що достатньо для внутрішнього споживання (30 млн т зернових та олійних на рік), а отже й на експорт.

Отже, питання збереження врожаю зернових культур наразі є нагальним, зважаючи, що необхідно забезпечити збереження вирощеного минулорічного врожаю, оскільки на складах продовжують зберігатися мільйони тон кукурудзи, соняшнику, пшениці. Щорічно причинами недобору врожаю зернових колосових культур і погіршення його якості є вплив шкідливих організмів. При цьому частка втрат від шкідників складає приблизно 26 % із загальної їх кількості [9]. Серед величезної кількості цих шкідників (понад 300 зареєстрованих видів) в Україні найбільш шкідливими та поширеними з фітофагів пшениці є хлібні клопи-черепашки (ряд *Hemiptera*). Найшкідливішим серед них є клоп шкідлива черепашка (*Eurygaster integriceps* Put.), яка у пошуках їжі може долати відстані до 200 км [10] і поширена в Україні у Степу й Лісостепу (регіони, які наразі є найбільш перспективними щодо забезпечення зернових культур); пошкоджує пшеницю, рідше ячмінь, жито, овес.

Зерно, пошкоджене клопом шкідливою черепашкою, характеризується низькою якістю клейковини [11] та набуло поширення на великій території Близького та Середнього Сходу [12], Східної та Південної Європи та Північної Африки [13]. Клоп щороку атакує близько 150 млн га полів у світі [14]. Пшениця, пошкоджена клопами, містить ферменти, які розщеплюють білки клейковини, викликають швидке розслаблення тіста [15–16], що призводить до виробництва хліба невідповідного за формою та текстурою [17–19] зі значними фінансовими втратами.

Метою статті є дослідження врожайності та фізичних якостей зерна пшениці м'якої озимої сорту Українка Полтавська залежно від ступеня пошкодженості клопом шкідлива черепашка (*Eurygaster integriceps* Put.).

Завдання дослідження. Для досягнення поставленої мети ми повинні розв'язати такі завдання: визначити вплив пошкодження зерна пшениці озимої сорту Українка Полтавська клопом шкідлива черепашка на врожайність і фізичні властивості зерна; розкрити залежність між рівнем пошкодження зерна клопом шкідлива черепашка та визначеними показниками; провести регресійний аналіз залежності середнього значення урожайності, натури та склоподібності зерна від ступеня пошкодження зерна та маси 1000 зерен.

Матеріали і методи досліджень

Вирощування пшениці м'якої озимої сорту Українка Полтавська відбувалося на дослідному полі Полтавського державного аграрного університету (с. Бричківка, Полтавська область) в умовах Лісостепу. Ґрунт дослідної ділянки має такі характеристики: темно-сірий опідзолений, за механічним складом – пилувато-важкосуглинистий, вміст гумусу в орному шарі – 3,77–3,93 %, pH=5,8–6. За вмістом поживних елементів: P_2O_5 – 100–150 мг/кг, K_2O – 160–200 мг/кг, N_2 – 54,4–81,0 мг/кг, гідролітична кислотність – 5,5–6,4 мг/100 г ґрунту, насиченість (Ca + Mg) – 77 %. Форма ділянок для висіву насіння пшениці озимої – прямокутно видовжена. Висів насіння здійснювали на глибину 5–7 см, ширина міжрядь 15–20 см.

Дослідження якості зерна пшениці озимої різного ступеня пошкодження клопом шкідлива черепашка проводили в Науково-дослідній лабораторії якості зерна імені Г. П. Жемели Полтавського державного аграрного університету. Заміс тіста проводився на фаринографі з місилкою на 300 г борошна, використовували також: термостат для бродіння тіста з автотермовологорегуляцією; електричну хлібопекарську піч, обладнану термо-регулятором і горизонтально обертальним ходом; посуд і реактиви.

Результати досліджень та їх обговорення

Пшеницю озиму м'яку було обрано з міркувань її поширення в умовах Лісостепу та найбільш залежну від популяцій клопом шкідлива черепашка, а сьогодні поки що не виведено сортів озимої пшениці, стійких проти пошкоджень цих шкідником. Відомо, що сорти пшениці озимої мають різну відповідну реакцію на дію протеолітичних ферментів, які вводяться шкідником у зернівку під час

живлення [20–21]. Сорт Українка Полтавська внесений до Реєстру сортів рослин України у зоні Лісостепу (сортовласником є Полтавський державний сільськогосподарський інститут). Урожайність за роки випробування на сортовипробувальних станціях і дільницях у середньому становила в зоні Лісостепу 46,8 ц/га. Борошномельні та хлібопекарські якості добрі та відмінні. Вміст білка в зерні – 14,7 %, клейковини – 30,9 %, загальна хлібопекарська оцінка – 4,4 бала [22, 23].

У представленій роботі ми підтвердили негативний вплив на врожайність і фізичні властивості зерна пшениці озимої від його пошкодження клопом шкідлива черепашка (табл.). Якщо показник пошкодження зерна, наприклад, на рівні 3,2 %, то урожайність – на 1 ц/га (або 2,1 %), маса 1000 зерен зменшилася на 0,9 г (або 2,2 %), натура – на 2 г/л (або 0,5 %), склоподібність – на 4 % (або 4,4 %). Зі збільшенням ступеня пошкодженості зерна до 25,3 % показники врожайності та його якості продовжують зменшуватися порівнян з відповідними показниками здорового зерна: врожайність – на 4,7 ц/га (або 10 %), маса 1000 зерен – на 4,1 г (10,1 %), натура – на 49 г/л (6 %), склоподібність – на 32 % (на 35,2 %).

Вплив пошкодження зерна пшениці озимої сорту Українка Полтавська клопом шкідлива черепашка на врожайність і фізичні властивості зерна

Ступінь пошкодження зерна, %	Врожайність, ц/га	Маса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Склоподібність, %
0	46,8	40,5	820	91
1,6	46,2	40,0	818	89
3,2	45,8	39,6	816	87
4,5	45,2	39,1	813	84
6,2	44,8	38,8	810	83
7,8	44,5	38,5	807	81
9,6	44,4	38,4	805	80
10,7	44,3	38,3	803	78
12,6	44,0	38,1	801	74
14,5	43,9	38,0	789	72
16,3	43,6	37,7	786	69
18,5	43,2	37,4	783	67
20,2	42,9	37,1	780	64
22,1	42,5	36,8	777	62
23,2	42,3	36,6	774	60
25,3	42,1	36,4	771	59

Проведений кореляційний аналіз підтверджує наявність дуже високого негативного зв’язку (значення r перебуває в інтервалі -0,75 – -1,0) між рівнем пошкодження зерна клопом шкідлива черепашка та показниками: врожайності – r=-0,9839, масою 1000 зерен – r=-0,9840; натурою – r=-0,9888; склоподібністю – r=-0,9975.

Регресійний аналіз (рис. 1) показав залежність середнього значення врожайності пшениці озимої від ступеня пошкодження зерна (x) та маси 1000 зерен (y) у вигляді рівняння лінійної регресії: Y = 0,323 – 0,0008x + 1,1476y.

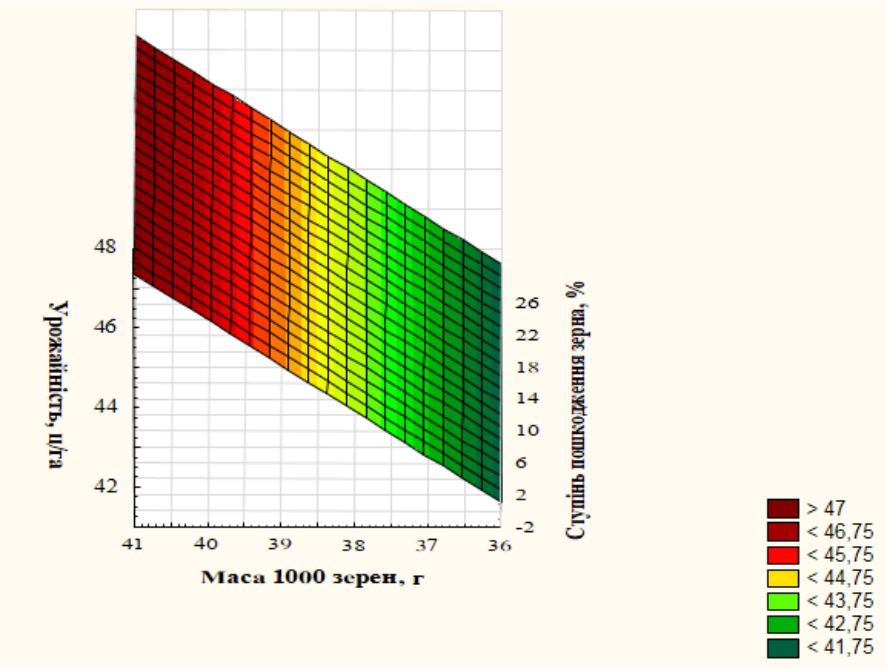


Рис. 1. Графік лінійної регресії урожайності пшениці озимої від ступеня пошкодження зерна та маси 1000 зерен

За даними рис. 2 видно негативний лінійний зв'язок між натурою зерна пшениці озимої, рівняння: Y = 1031,5972 – 2,8285x – 5,2304y, де x – ступінь пошкодження зерна, %; y – маса 1000 зерен, г.

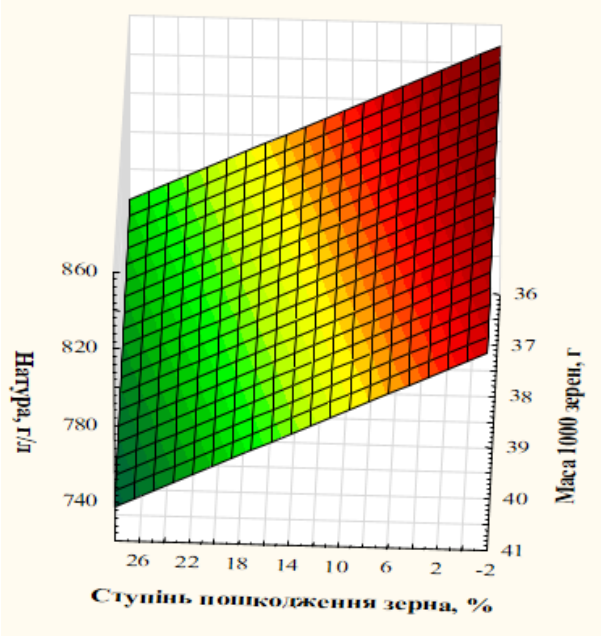


Рис. 2. Графік лінійної регресії натури пшениці озимої від ступеня пошкодження зерна та маси 1000 зерен

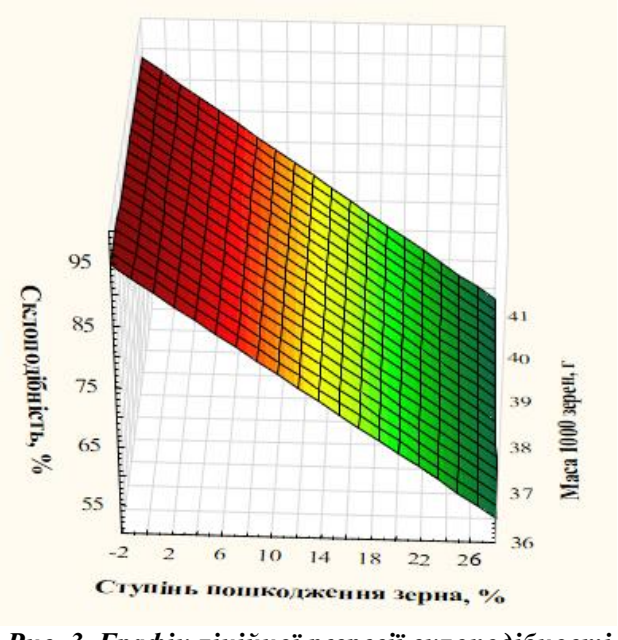


Рис. 3. Графік лінійної регресії склоподібності пшениці озимої від ступеня пошкодження зерна та маси 1000 зерен

Залежність середнього значення склоподібності зерна пшениці озимої від ступеня пошкодження зерна (x) та маси 1000 зерен (y) відображається рівнянням лінійної регресії: Y = 101,0462 – 1,346x – 0,2495y.

Висновки

Отже, проведені дослідження свідчать про негативний вплив пошкодження пшениці озимої сорту Українка Полтавська клопом шкідлива черепашка як на її врожайність, так і на якість зерна. Зростання ступеня пошкодження зерна до 25,3 % негативно вплинуло на показники врожайності та якості: врожайність зменшилася – на 4,7 ц/га (або 10 %), маса 1000 зерен – на 4,1 г (10,1 %), натура – на 49 г/л (6 %), склоподібність – на 32 % (на 35,2 %) порівняно з відповідними показниками здорового зерна. Кореляційний аналіз показав наявність дуже високого негативного зв'язку між рівнем пошкодження зерна клопом шкідлива черепашка та такими показниками: врожайності – r=-0,9839, масою 1000 зерен – r=-0,9840; натурою – r=-0,9888; склоподібністю – r=-0,9975. Регресійний аналіз засвідчив залежність середнього значення кожного з показників від ступеня пошкодження зерна (x) та маси 1000 зерен (y): врожайності – Y=0,323–0,0008x+1,1476y; натури зерна – Y=1031,5972–2,8285x–5,2304y; склоподібнорсті зерна – Y=101,0462–1,346x–0,2495y.

Перспективи подальших досліджень полягають у визначенні заходів зменшення шкідливого впливу клопа шкідлива черепашка на якість зерна пшениці озимої.

References

1. Za 11 misiatsiv 2021 roku Ukraina zbilshyla zovnishnotorhovelnyi obih s/h produktsii ta prodovolchykh tovariv. Retrieved from: https://minagro.gov.ua/news/za-11-misyaciv-2021-roku-ukrayina-zbilshila-zovnishnotorgovelnij-obig-sg-produkciyi-ta-prodovolchih-tovariv [In Ukrainian].
2. EX-IM. Shcho stoit za osnovnymy tsyframy. Retrieved from: https://www.agroperspectiva.com/ru/free_article/392 [In Ukrainian].
3. Chotyry rehiony svitu zakupovuiut 97 % ukrainskoi ahroproduktsii. Retrieved from: https://agrotimes.ua/agromarket/chotyry-regiony-svitu-zakupovuyut-97-ukrayinskoyi-agroprodukcziyi/ [In Ukrainian].
4. U 2021 rotsi Ukraina zbilshyla eksport ahroproduktsii na 25%. Retrieved from: http://naas.gov.ua/newsukraine/?element_id=7433 [In Ukrainian].
5. Popry viinu, 12 oblastei zavershyly sivbu yarykh kultur rannoi hrupy. Retrieved from: https://armyinform.com.ua/2022/05/07/popry-vijnu-12-oblastej-zavershyly-sivbu-yaryh-kultur-rannoyi-grupy/ [In Ukrainian].
6. Posivna 2022: osnovni problemy ta perspektyvy provedennia. Retrieved from: https://superagronom.com/articles/600-posivna-2022-osnovni-problemi-ta-perspektivi-provedennya [In Ukrainian].
7. Urozhai zernovykh v Ukraini mozhe sklasty 65 % vid mynulohichnoho – prohnoz. Retrieved from: https://agropolit.com/news/23785-urojay-zernovih-v-ukrayini-moje-sklasti-65-vid-minulogichnogo--prognoz [In Ukrainian].
8. Huk, L., & Sledz, S. (2022). Naperekir viini: maibutnoho vrozhaiu vystachyt i sobi, i na eksport. Retrieved from: https://zn.ua/ukr/macrolevel/naperekir-vijni-majbutnoho-vrozhaju-vistachit-i-sobi-i-na-eksport.html [In Ukrainian].
9. Pedash, T. M., & Pedash, O. O. (2018). Khlibni klopy — zahroza smaku ta yakosti. Retrieved from: https://www.growhow.in.ua/hlibni-klopy-zagroza-smaku-ta-yakosti/ [In Ukrainian].
10. Klop shkidlyva cherepashka. Retrieved from: https://agro-company.com.ua/a326402-klop-shkidliva-cherepashka.html [In Ukrainian].
11. Zhemela, H. P., Shemavnov, V. I., & Oleksiuk, O. M. (2003). *Tekhnolohiia zberihannia i pererobky produktsii roslynnytstva*. Poltava. [In Ukrainian].
12. Critchley, B. R. (1998). Literature review of sunn pest *Eurygaster integriceps* Put. (Hemiptera, Scutelleridae). *Crop Protection*, 17 (4), 271–287. doi: 10.1016/S0261-2194(98)00022-2
13. Rapaport, A., Quinn, E., Harush, A., Kostyukovsky, M., & Bonfil, D. J. (2019). Damage of Sunn Pest Eurygaster integriceps Put. on to wheat quality in Israel. *International Journal of Plant Biology & Research*, 7 (1), 1113.
14. Salis, L., Goula, M., Izquierdo, J., & Gordún, E. (2013). Population density and distribution of wheat bugs infesting durum wheat in Sardinia, Italy. *Journal of Insect Science*, 13, 50. doi: 10.1673/031.013.5001
15. Dizlek, H., & Islamoglu, M. (2015). Effects of Sunn Pest (Eurygaster maura L. Heteroptera; Scutelleridae) sucking number on physical and physicochemical characteristics of wheat varieties. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 88, 10–15. doi: 10.5073/JABFQ.2015.088.003

16. Bouhssini, M., Street, K., Joubi, A., Ibrahim, Z., & Rihawi, F. (2009). Sources of wheat resistance to Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put. on, in Syria. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 56, 1065–1069. doi: 10.1007/s10722-009-9427-1

17. Zhemela, H. P., & Barabolia, O. V. (2012). Khlibopekarska yakist pshenytsi miakoi ozymoi zalezhno vid poshkodzhennia zerna klopom-cherepashkoiu. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1, 11–13. doi: 10.31210/visnyk2012.01.02 [In Ukrainian].

18. Emebiri, L., Bousshini, M., Tan, M. K., & Ogbonnaya, F. C. (2017). Field-based screening identifies resistance to Sunn pest (Eurygaster integriceps) feeding at vegetative stage in elite wheat genotypes. *Crop and Pasture Science*, 68, 126–133. doi: 10.1071/CP16355

19. Tonk, F. A., Kaya, E., İştipliler, D., İlker, E., Turanlı, F., & Tosun, M. (2017). Identification of resistance to Eurygaster integriceps Put. on some bread wheat genotypes. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 90, 52–57 doi: 10.5073/JABFQ.2017.090.008

20. Shakhova, N. M., & Zalevska, M. P. (2012). Klop shkidlyva cherepashka: rozpovsiudzhennia ta shkodochynnist na riznykh sortakh ozymoi pshenytsi. *Naukovi Pratsi. Ekolohiia*, 194 (206), 100–103 [In Ukrainian].

21. Korotkova, I. V., & Chaika, T. O. (2022). Rol huminovykh preparativ ta yikh sumishei z mineralnymy dobryvamy v tekhnolohiiakh vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi. In T. Chaika (Ed.), *Ekolohooriientovani pidkhody vidnovlennia tekhnohenno zabrudnenykh terytorii i stvorennia stalykh ecosystem* (pp. 279–322). Poltava: PP «Astraia» [In Ukrainian].

22. Kostyukovsky, M., Trostanetsky, A., Menasherov, M., Yasinov, G., Naftaliyahyu, U., Zohar, D., Kitain, S., & Melamed, Y. (2014). Management of Sunn pest for better wheat quality and stable profitability. Retrieved from: https://www.israelagri.com/?CategoryID=523&ArticleID=650

23. Pshenytsia Ukrainka Poltavska. Retrieved from: http://agroua.net/plant/catalog/cg-1/c-1/s-558/ [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 27.05.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Чайка Т. О., Бараболя О. В. Вплив пошкодження зерна пшениці озимої клопом шкідлива черепашка (*Eurygaster integriceps* Put.) на її врожайність та якість зерна. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 135–141.

© Чайка Тетяна Олександрівна, Бараболя Ольга Валеріївна, 2022

Agriculture. Plant growing
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

review article | UDC 378.2:631.5/9:63.001.5«18/19» | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.17**

PROFESSOR ANASTASII ZAIKEVYCH (1842–1931): POLTAVA PORTRAIT ON THE BACKGROUND OF TIME

V. Samorodov* ORCID 0000-0001-7088-6212
S. Pospelov ORCID 0000-0003-0433-2996

Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: kafedra.zahystu-roslyn@ukr.net

How to Cite *Samorodov, V., & Pospelov, S. (2022). Professor Anastasii Zaikevych (1842–1931): Poltava portrait on the background of time. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 142–148. doi: 10.31210/visnyk2022.02.17*

The purpose of the review was to summarize information and introduce into scientific circulation little-known facts of the biography of A. Ye. Zaikevych. It is stated that the creative destiny of the classic of Ukrainian agrarian science is closely connected with his small homeland – Poltava region, the synergy of these relations, their multifaceted component, the creative content of which remains relevant, is stated. It is established that it was in Poltava region that the preconditions and main factors of forming the civic and national worldview of the scientist were created. He proved to be a propagandist of Taras Shevchenko's life and work. His creative local lore relations with such leading figures of Ukrainian culture as Mykola Lysenko and Klyment Kvitka were fruitful. All this contributed to the fact that A. Ye. Zaikevych became one of the most outstanding ethnographers of his time, especially in the field of ceramics. The printed works of the scientist in this area were included in the golden fund of national folk art. A. Ye. Zaikevych made efforts to form important centers of education and culture of the region – the modern Lubny Forest College NULES and Myrhorod Art and Industrial College named after M. V. Gogol of PNTU named after Yuri Kondratyuk. During the period from 1855 to 1929 he was one of the initiators of the Poltava, Lokhvytsia, Mlyniv research fields, Solonytsia research station and Lubny research station on medicinal plant culture. The researcher's contribution to the development of sheep breeding, beekeeping, selection and seed production is specified. The educational and consultative activity of A. Ye. Zaikevych as a part of professional and special meetings, congresses and exhibitions of the Poltava provincial zemstvo, and also the Poltava society of agriculture and its branches is found out. The importance of the scientist's creative work for the development of socio-economic conditions of the region and its impact on its modern progress is argued.

Key words: *Anastasii Zaikevych, history of science, plant growing, Poltava region.*

ПРОФЕСОР АНАСТАСІЙ ЗАЙКЕВИЧ (1842–1931): ПОЛТАВСЬКИЙ ПОРТРЕТ НА ТЛІ ЧАСУ

В. М. Самородов, С. В. Поспєлов
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Мета розвідки – узагальнення відомостей й уведення до наукового обігу маловідомих фактів біографії А. Є. Зайкевича. Відомо, що творча доля класика української аграрної науки тісно пов'язана з його малою батьківщиною – Полтавщиною, показано синергізм цих стосунків, їх різнопланове поєднання, творчий доробок якого залишається актуальним. Встановлено, що саме на

Полтавщині були створені передумови та головні чинники формування громадянського та національного світогляду вченого. Він проявив себе як пропагандист життя і творчості Тараса Шевченка. Плідними були його творчі краєзнавчі відносини з такими провідними діячами української культури, як Микола Лисенко та Климент Квітка. Усе це сприяло тому, що А. Є. Зайкевич став одним із видатних народознавців свого часу, надто у царині керамології. Друковані праці науковця з цього напряму увійшли до золотого фонду національного народного мистецтва. А. Є. Зайкевич доклав зусилля до формування важливих осередків освіти й культури краю: сучасного Лубенського лісового коледжу НУБіП та Миргородського художньо-промислового коледжу імені М. В. Гоголя ПНТУ імені Юрія Кондратюка. За період з 1855 по 1929 рр. він виступив одним із ініціаторів створення Полтавського, Лохвицького, Млинівського дослідних полів, Солоницької дослідної станції та Лубенської дослідної станції з культури лікарських рослин. Конкретизовано внесок дослідника у розвиток вівчарства, бджолярства, селекції та насінництва. З'ясовано просвітницько-консультативну діяльність А. Є. Зайкевича у складі фахових та спеціальних нарад, з'їздів та виставок Полтавського губернського земства, а також Полтавського товариства сільського господарства та його філій. Аргументовано значення творчого доробку вченого для розбудови соціально-економічної кон'юнктури краю та її впливу на його сучасний поступ.

Ключові слова: *Анастасій Зайкевич, історія науки, рослинництво, дослідна справа, Полтавська область.*

Видатна постать одного із фундаторів вітчизняної сільськогосподарської дослідної справи, науковця широкого діапазону, освітянина та народознавця А. Є. Зайкевича була пов'язана з різними регіонами України [1, 3, 4]. Але, як справедливо вказує знавець аграрної історії академік В. А. Вергунов, «Вивчення і примноження природних можливостей і, насамперед, сільського господарства рідної Полтавщини стало лейтмотивом творчого життя дослідника» [2]. Та на жаль, досі ми не маємо цілісного та бодай найбільш повного огляду його досягнень на своїй малій батьківщині. Тож представляємо першу спробу такого узагальнення.

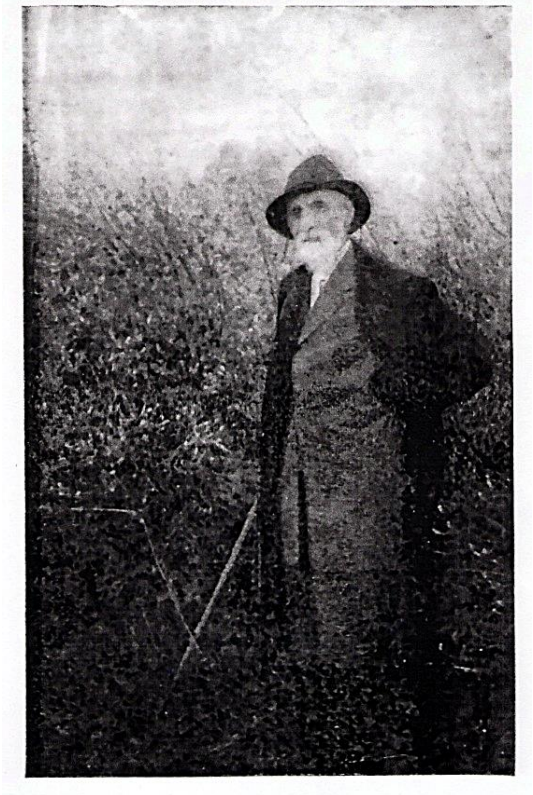


Рис. Засів буркуну в с. Солониці біля м. Лубни. На передньому плані професор А. Є. Зайкевич (липень 1923 р.)
Джерело: [29].

Лубенщина. Саме тут 1842 р. на хуторі Матяшівський Лубенського повіту Полтавської губернії народився А. Є. Зайкевич [21]. Тож недарма його колишній студент, а згодом видатний громадський діяч і меценат Євген Чикаленко завжди називав А. Є. Зайкевича «Лубенським українцем» [30]. Адже для Анастасія Єгоровича змалечку Лубенщина стала справжнім осереддям української духовності, яку він проніс через усе життя, завжди пишаючись тим, що походив зі старовинного лубенського роду. На підтвердження цього наведемо яскравий приклад того, що 1914 р. А. Є. Зайкевич перевіз до свого помешкання сволок із хати, поставленої 1759 р. на місці його народження. У Лубнах, у знаному Вищому начальному училищі А. Є. Зайкевич, як і колись його батько Єгор Романович, здобував спеціальну освіту [1]. Саме тут навчався і брат Анастасія Єгоровича – Микола Зайкевич [1]. Згодом він став уславленим освітянином, директором Мелитопольського реального училища [4]. Цікаво, що потім (29.12.1875 – 25.05.1876) викладачем природознавства і хімії у цьому училищі працював А. Є. Зайкевич [4].

Важливо й те, що на Лубенщині формувалися уподобання вченого, натхненням на які послужила постать Тараса Шевченка та його твори. Великого Кобзаря А. Є. Зайкевич обожнював, збираючи народні лубенські перекази про нього. Під впливом творів великого українця А. Є. Зайкевич почав цікавитися історією та ентографією. У подальшому все це перетворило його на знаного народознавця [20]. У цій царині Анастасій Єгорович тісно контактував із іншим великим полтавцем – батьком української музики Миколою Лисенком. Для нього А. Є. Зайкевич записував пісні Лубенщини. Цим самим він прислужився й знаному музикознавцю – фольклористу Клименту Квітці. Варто згадати і те, що тісна дружба єднала А. Є. Зайкевича зі знаменитим лубенським краєзнавцем Гнатом Стеллецьким, який залучав Анастасія Єгоровича до формування колекцій Лубенського краєзнавчого музею [25].

Як землевласник села Солониця А. Є. Зайкевич мав там 104 десятини ріллі, 12 десятин сіножатей та 4 десятини лісу [12]. З огляду на це, починаючи від 1855 р. і аж до 1904 р. він приїздив сюди кожного літа. Після виходу на пенсію Анастасій Єгорович назавжди оселився на Лубенщині, де проживав спочатку з 1914 р. в с. Солониця, а згодом з 1929 р. в Лубнах. Саме від цього часу уся родина Зайкевичів бере активну участь у роботі Засульського та Снітинського сільськогосподарських товариств [14, 17]. Крім того, А. Є. Зайкевич стає опікуном Солоницького початкового двокомплектного училища [15]. Не уникав відомий учений і потреб місцевої громади. І коли вона вирішила розбудувати у селі церкву, то А. Є. Зайкевич, за спогадами місцевих краєзнавців, вкладав у цю святу справу свої кошти. У будинку А. Є. Зайкевича розміщалася солоницька «Просвіта». Її членам він дозволяв користуватися бібліотекою із власних книжок. Зайкевич підтимував розвиток хорової та театральної самодіяльності у селі [18].

Надалі, постійно проживучи на Посульщині, А. Є. Зайкевич разом із сином та сестрою брав участь у роботі Лубенського, Засульського та Снітинського сільськогосподарських товариств [14, 15, 17]. Головний же інтерес тогочасного життя знаного аграрія зосереджувався на дослідницькій діяльності. Спершу вона була зосереджена в селі Снітин [2, 7, 9]. Тут у долині річки Сули на власній землі родового хутора А. Є. Зайкевич проявив себе як селекціонер, працюючи із цілою низкою культур [2, 9]. З деякими із них, такими як англійська м'ята, інтродукційно-селекційну роботу він почав раніше, ще 1886 року. Згодом же, вона була розширена, і за її результатами виведено перший український сорт м'яти Мітчам [7, 31]. Крім нього, тут були виведені високоментольна м'ята № 541 та м'ята Полтавська.

На Дослідному полі у Снітині А. Є. Зайкевич та його син Роман, розпочали роботи з поліпшення кормових буряків сортів Мамут та Ідеал Кірше, цикорію кореневого сорту Магдебургський та люцерни посівної В. Грімма [9].

Навесні 1910 р. усі згадані роботи почали проводити у власному господарстві А. Є. Зайкевича у Солониці. Тоді воно стало філією Харківської селекційної станції і називалось «Селекційна станція з виведення бурякового насіння». Створена власним коштом сім'ї Зайкевичів, ця філія з 1920 по 1922 рр. була перетворена на Солоницьку дослідну станцію, а згодом з 1922 по 1930 рр. вона діяла як Солоницька селекційна дослідна станція [28]. Земельна площа установи складала 68 га ріллі, у ній працювало 13 службовців та 15 робітників, посаду директора обіймав Зайкевич (старший) [28]. На станції проводили селекцію кормових коренеплодів (буряки та морква), картоплі, тютюну [2], розробляли технології вирощування конюшини та буркуну [9]. Серед найбільших досягнень Станції і

головно її очильника було виведення тут нового сорту люцерни посівної Грімм-Зайкевич [19]. Саме під такою назвою він був зареєстрований 1926 р. Наркомземом УСРР [9, 19].

У лубенський період свого життя А. Є. Зайкевич прислужився Україні не лише згаданими напрацюваннями науково-організаторського характеру. До них варто віднести і його участь у створенні освітніх та наукових установ, які уславили Лубенщину. Коли 1885 р. Лубенське земство змогло відкрити місцеву сільськогосподарську школу, то до цієї справи залучили і А. Є. Зайкевича [2, 3]. 1891 року школу було відкрито, нині це знаний Лубенський лісовий коледж НУБіП. Ще однією самобутньою науковою аграрною установою, до «народження» якої причетний Зайкевич, була Дослідна станція з культури лікарських рослин у Лубнах [10]. 1925 року її перевели у с. Березоточа Лубенського району. З 1916 р. і донині Станція продовжує підтримувати вікові традиції краю в царині лікарського рослинництва [10, 30]. У такий спосіб її діяльність підтверджує далекоглядність та прозорливість А. Є. Зайкевича.

Лохвиччина. Коли 1887 р. постало питання про складання проєкту дослідного поля Лохвицького сільськогосподарського товариства, першим, до кого звернулися його організатори був А. Є. Зайкевич. Тоді навіть постало питання про відкриття Поля в маєтку вченого на Лубенщині. Згодом від цієї ідеї відмовилися, та незважаючи на це, ідейним натхненником справи лохвиччани вважали саме А. Є. Зайкевича. За це вони пошанували його обранням 1913 р. почесним членом Лохвицького сільськогосподарського товариства [16].

Миргородщина. Знавець кустарних промислів Полтавщини та розробник програм досліджень керамічних виробництв краю, А. Є. Зайкевич був причетний до організації та відкриття 1896 р. у Миргороді художньо-промислової школи імені М. В. Гоголя – уславленого Миргородського художньо-промислового коледжу імені М. В. Гоголя ПНТУ імені Юрія Кондратюка [2, 3, 9]. Уже 125 років поспіль цей заклад освіти готує кадри керамологов усієї України.

Зіньківщина. Із ініціативи А. Є. Зайкевича в селі Міські Млини 1890 р. було відкрито Дослідне поле із вивчення впливу мінеральних добрив (селітра) на урожайність та якість турецького тютюну. І хоч воно проіснувало недовго, А. Є. Зайкевич майстерно використав його наробок, як і напрацювання усієї галузі тютюнництва повіту, узагальнив їх досвід у спеціальній присвяченій цьому брошурі [6]. У ній учений виклав власне бачення поліпшення місцевого тютюну.

Полтавське губернське земство. На прохання земства 1887 р. А. Є. Зайкевич склав програму для збирання попередніх відомостей «Про кустарну промисловість у Полтавській губернії». З 1887 по 1880 рр. Анастасій Єгорович провів дослідження в Миргородському повіті, а згодом у Лохвицькому, Зіньківському та Полтавському повітах [9, 25]. За цей час учений побував у більшості гончарних осередків, ретельно вивчив промисел. Він описав його економічне становище, технологію та звичаї майстрів. За наслідками згаданих експедицій учений одним із перших започаткував зазначати прізвища авторів керамічних робіт. За вказаними матеріалами А. Є. Зайкевич написав роботу «О гончарном производстве». На жаль, вона не була надрукована. Її доля і донині залишається не з'ясованою. Можливо, її рукопис втрачено на завжди. Що ж до іншої праці із питань керамології – альбому «Мотивы Малоросийского орнамента гончарного производства», то вона побачила світ 1883 р. і відтоді увійшла до золотого фонду українського народного мистецтва [8]. Це видання – перша в українській керамології праця з проблематики традиційного гончарства, до того часу такої роботи не було видано в жодній країні світу. За період згаданих досліджень А. Є. Зайкевич зібрав унікальну колекцію гончарних глин Полтавщини, майже 200 зразків, а також колекцію череп'яного і полив'яного посуду гончарів губернії – близько 300 зразків. Переважно це були мальовані опішнянські миски [25].

1881 року за дорученням Земства вчений був залучений до складання плану організації статистичних досліджень та опрацювання їх програм. За цю виконану бездоганно і ретельно справу Полтавське губернське земство 10 жовтня 1881 р. винесло йому подяку [26].

Полтавське товариство сільського господарства. Із перших років створення цього одного із найстаріших та авторитетніших вітчизняних галузевих об'єднань А. Є. Зайкевич брав активну участь у його роботі [23]. Спершу на рівні члена-кореспондента, а згодом – дійсного члена. З 1886 р. його було обрано почесним членом Товариства [2, 23]. У такий спосіб учений був пошанований «За полезную деятельность и помощь Обществу» [23]. Крім цього, його обирали своїм почесним членом філіальні відділення товариства – Кобеляцьке [13], Лохвицьке [16] та Лубенське [15]. І це не

випадково, адже зв'язки А. Є. Зайкевича зі згаданими об'єднаннями стосувалися багатьох нагальних для того часу питань, які потребували модернізації аграрного виробництва, покращення його провідних галузей – тваринництва та рослинництва [2, 5, 9, 23].

Саме для поліпшення рівня ведення у губернії вівчарства А. Є. Зайкевич уперше на засіданні Товариства 1865 р. запропонував організацію експедицій до Бухари для завезення звідти на Полтавщину племінних каракулевих овець, щоби покращити з їх допомогою місцеві грубововняні породи. Із цією метою за 25 років (починаючи з 1888 р.) Товариство спорядило до Середньої Азії вісім експедицій та завезло майже 2500 чистокровних каракулів на суму близько 100 тисяч рублів [23]. Це була грандіозна за масштабністю робота, за якою слідкували не лише сільські господарі, а й учені, і не тільки вітчизняні, але й закордонні. Вона прислужилась не лише вівчарству Полтавщини, а й багатьох інших губерній півдня й південного сходу тогочасної України [9, 23].

Крім того, вагомим був внесок А. Є. Зайкевича як члена Товариства у складанні програми із розвитку бджільництва краю [2, 9] Багато він зробив для пропаганди сортів та технологій вирощування кукурудзи, яку називав «скарб господарства», і що сьогодні підтвердилось в Україні. Не менш активно вчений пропагував тоді ще майже нову олійну культуру соняшника [9, 23]. Змістовними та далекоглядними були виступи Анастаса Єгоровича під час засідань Товариства з питань аграрної освіти при університетах [2].

Багато разів Товариство обирало вченого до складу різних комісій та експертних рад, надто виставкових [23]. Він тісно співпрацював із друкованим органом Товариства – журналом «Хуторянин». Останній друкував на своїх шпальтах як статті самого А. Є. Зайкевича (1901, 1909, 1913 рр.), так і розвідки про його діяльність (1899, 1902, 1905, 1908, 1909, 1910, 1911, 1916 рр.). Але все ж таки найбільш уславила А. Є. Зайкевича співпраця з унікальним підрозділом Товариства – його Дослідним полем. Воно було створено 1884 р., а 1909 р. перетворено на Полтавську дослідну станцію – сучасний символ національної аграрної науки [2, 22, 23, 27].

Полтавське дослідне поле – Полтавська дослідна станція. Характеризуючи стосунки А. Є. Зайкевича із цими найавторітетнішими аграрними установами країни, варто згадати вислів другого директора Дослідного поля В. М. Дьякова, який 1909 р. зазначив: «Проф. А. Гр. Зайкевич был одним из первых у нас убеждённых распространителей самой идеи организации опытных полей и неизменным другом Полтавского опытного поля… глубоко верившего в успехи опытного поля» [5]. Не забув відмітити це і президент товариства П. П. Ганько. У своїй промові 28 жовтня 1909 р. на урочистостях з нагоди 25-річчя Дослідного поля він згадав А. Є. Зайкевича «Положившего не мало труда на развитие Полтавского опытного поля». Усе це об'єктивна данина внеску вченого у розбудову першої постійно діючої галузевої дослідної інституції країни [22, 27].

А. Є. Зайкевич першим 1875 р. на Другому з'їзді господарів Полтавської губернії нагадав зібранню про заповітну мрію першого президента Полтавського товариства сільського господарства Л. В. Кочубея, а саме – про необхідність організації Дослідної станції у Полтаві. Згодом, майже щороку виступаючи на засіданнях Товариства, учений згадував про цю пропозиції. Так було аж до 1881 р. Відтоді Товариство доручило йому дослідити це питання. Тоді ж Анастасій Єгорович запропонував проєкт заходів зі створення Дослідного поля та Програму його діяльності [22, 23]. Водночас необхідно наголосити на тому, що А. Є. Зайкевичу належать головні зусилля стосовно остаточного місця розміщення нової установи та розробки її «плодозміни», яка на багато років буде основою її землекористування [22]. Не менш значущі заслуги А. Є. Зайкевича у підборі і рекомендації кандидатури першого директора Дослідного поля. Адже у постаті колишнього вихованця А. Є. Зайкевича – Б. П. Черепахіна установа отримала чесного, принципового та прискіпливого досліднопольця [27].

Досить важливо й те, що А. Є. Зайкевича тричі обирали до ради Дослідного поля (1884–1887; 1905–1908; 1909–1911). Цей факт переконливо підтверджує об'єктивність слів професора Б. М. Рождественського про те, що хоч А. Є. Зайкевич «…не был непосредственно в рядах работников станции, но его влияние и участие сыграло огромную роль в её становлении и развитии» [27]. Зважаючи на це, відмітимо, що у матеріалах, присвячених урочистостям з нагоди 40-річчя Дослідної станції (29–31 травня 1925 р.) багато разів висловлювалась думка про внесок А. Є. Зайкевича у справу розвитку установи [27]. Сам же А. Є. Зайкевич у своєму вітанні назвав згадану вікопомну річницю «щасливим празником», побажавши станції «…діждати її тисячолітнього ювілею на щастя українському народові» [27]. І хоч професора не було на цьому зібранні, гучними

оплесками усі присутні вітали слова про те, що він як «основний ініціатор дослідної справи на Полтавщині і в усій Україні» удостоєний високого звання Герой Праці [27]. У кінці 20-х років ХХ ст. це була найвища відзнака за трудову звитягу в Україні.

Вищим проявом творчої співпраці А. Є. Зайкевича зі Станцією, його довіри її до наукового рівня ведення досліджень, була передача їй насіння виведеного вченим нового сорту люцерни. Доопрацьований співробітниками Станції під керівництвом знавця цієї культури В. М. Рабіновича сорт отримав тоді назву Полтавська Грімм-Зайкевич, і 1931 р. був районований [19]. З 1955 р. сніп цього сорту щороку виставлявся у павільйоні УРСР на Всесоюзній сільськогосподарській виставці [9]. У такий спосіб демонстрували значення наукової спадщини А. Є. Зайкевича. Відтоді сорт не припиняють використовувати, спостерігаючи його високу екологічну пластичність. Як генетичний матеріал він увійшов до селекційних програм виведення нових сортів люцерни не лише в Україні, а й у багатьох країнах близького та далекого зарубіжжя. Цей культивар, без перебільшення, – кращий пам'ятник А. Є. Зайкевичу та Дослідній станції, яка безперервно, вже майже 140 років поспіль несе глибину думок видатного полтавця, яким по праву пишаються як вітчизняна аграрна академічна наука, так і національне академічне народознавство [2, 25].

Висновки

Усе вищезазначене найбільш повно та аргументовано відтворює життєві та творчі зв'язки Анастасія Єгоровича Зайкевича зі своєю малою батьківщиною – Полтавщиною. На їх підставі можемо зробити такі висновки: Полтавщина була головним осереддям формування громадянського світогляду вченого. На це значною мірою вплинуло сімейне середовище, у якому підтримували високі морально-етичні цінності, творчу атмосферу Лубенського Вищого начального училища, а також постать Тараса Шевченка, яка була провідною для формування духовних чеснот А. Є. Зайкевича.

Виділено та проаналізовано не розкриті раніше періоди життєвого і творчого шляху науковця в розрізі окремих регіонів Полтавщини (Лубенщина, Лохвиччина, Миргородщина, Зіньківщина) та її провідних тогочасних установ (Полтавське губернське земство, Полтавське товариство сільського господарства).

Висвітлена плідна організаційна діяльність А. Є. Зайкевича, яка сприяла створенню на Полтавщині знакових освітніх закладів (сучасні Лубенський лісовий коледж НУБіП та Миргородський художньо-промисловий коледж імені М. В. Гоголя ПНТУ імені Юрія Кондратюка), а також галузевих наукових установ НААН (Дослідна станція лікарських рослин, Полтавська сільськогосподарська дослідна станція імені М. І.Вавилова).

З'ясовано, що саме на Полтавщині А. Є. Зайкевич провів низку досліджень із нагальних питань інтродукції, рослинництва, селекції та насінництва. Пріоритетами його роботи вважаються перші вітчизняні сорти люцерни (Грімм-Зайкевич) та м'яти (Мітчам). Їх поява сприяла подальшій селекційній роботі із цими культурами, вона і досі ведеться на Полтавщині.

References

1. Astrjab, M. G. (1914). Stoletie Lubenskogo Vysshego Nachal'nogo Uchilishha [1814–1914]. *Ottisk iz 11 vypuska Trudov Poltavskoj Arhivnoj Komissii*. Poltava: Jelektricheskaja tipografija G. I. Markevicha [In Russian].

2. Verhunov, V. A. (2018). *Istoriia silskohospodarskoi doslidnoi spravy v Ukraini. U 3 chastynakh. Chastyna 1. Tvortsi ta rozbudovnyky (biohrafichni narysy)*. Kyiv : Ahrarna nauka. [In Ukrainian].

3. Verhunov, V. A. & Samorodov, V. M. (2017). Zaikevych Anastasii Yehorovych. *Poltavika. Poltavska entsyklopediia*: U 12 tomakh. Tom 6 Osvita i nauka. Knyha 1: Abaza-Krekoten (pp. 844-845). Poltava : PTs «Mozaika». [In Ukrainian].

4. Ivanov, P. L. (ed.). (1899). *Dvadcatipjatiletie Melitopol'skogo real'nogo uchilishha (1874-1899 gg.). Istoricheskaja zapiska*. Melitopol' [In Russian].

5. D'jakov, V. N. (1916). Iz vospominnij o Poltavskom opytnom pole. *Dvadcatipjatilenie Poltavskoj opytnoj stancii (1884-1909 gg.)* Vypusk 2-j. Istoricheski obzory. (pp.77–87). Poltava : Jelektricheskaja tipografija I. L. Frishberga [In Russian].

6. Zajkevich, A. E. (1890). *K voprosu o kul'ture tureckogo tabaka vysshih sortov v Poltavskoj gub*. Har'kov [In Russian].

7. Zajkevich, A. E. (1901). Kul'tura beloj anglijskoj mjaty. *Hutorjanin*, 2, 19-20. [In Russian].
8. Zajkevich, A. E. (1883). *Motivy Malorossijskogo ornamenta goncharnogo proizvodstva.* Poltava: Izdatelstvo Poltavskoi Gubernskogo Zemstva [In Russian].
9. Ivanov, S. Z. (1959). *Anastasij Egorovich Zajkevich: istoriko-biograficheskij ocherk.* In V. V. Danilevskij (Red.). Har'kov : Har'kovskoe knizhnoe izdatel'stvo [In Russian].
10. Institut likars'kih roslin Ukraïns'koï akademiï agrarnih nauk: Storinki 80-richnoï istoriï (1996). In A. T. Gorban', V. B. Ivanov, & V. M. Samorodov (Red.). Poltava : «Astreja» [In Russian].
11. Zajkevich, A. E. & Zajkevich R. A. (1916). Kormovaja svjokla «Mamut», uluchshennaja v semennom hozjajstve. *Hutorjanin*, 7, 128 [In Russian].
12. Olehovskij, M. A. (1886). *Ocherk pomeshhich'ego hozjajstva v Lubenskom uezde. Ocherki pomeshhich'ego hozjajstva v uezdah Gadjachskom i Lubenskom. Prilozhenie k V i VI tomu Sbornika po Sel'sko-Hozjajstvennoi statistike Poltavskoj gubernii*. Poltava: Tipo-litografia I. A. Dohmana [In Russian].
13. Otchet o dejstvijah Kobeljakskogo Sel'sko-Hozjajstvennogo Obshhestva za 1881 god. (1882). Kremenchug: tipografia M. Rezentalja [In Russian].
14. Otchet o dejatel'nosti Zasul'skogo Sel'sko-Hozjajstvennogo Obshhestva za 1913 god (1914). Lubny: Tipografija tovarishhestva «I. Zolotnickij & B. Levitanskij» [In Russian].
15. Otchet Lubenskoj Uezdnoj Zemskoj Upravy za 1914-j god (1915). Chast' pervaja: Otchet opisatel'nyj. Lubny: Tipjgrafia B. Z. Dubinskogo [In Russian].
16. Otchet o dejatel'nosti Lohvickogo obshhestva sel'skih hozjaev za 1912 god. (god 26-j) (1915). Lohvica: Tipografia N. B. Dol'berga [In Russian].
17. Otchet o dejatel'nosti Snetinskogo Sel'sko-Hozjajstvennogo Obshhestva za 1912 god (1913). Lubny: Tipografija tovarishhestva «I. Zolotnickij & B. Levitanskij» [In Russian].
18. Okhrimenko, P. (1993). Zaikevych u spohadakh zemliakiv. *Zoria Poltavshchyny*. 5 serpnia [In Ukrainian].
19. Rabinovich, V. (1938). Prof. A. E. Zajkevich (k 95-letiju so dnja rozhdenija). *Selekcija i Semenovodstvo*, 1, 11–12. [In Russian].
20. Rotach, P. (1960). Pamiat pro Zaikevycha. *Komsomolets Poltavshchyny*. 23 zhovtnia [In Ukrainian].
21. Samorodov, V. M. (2010). Zaikevych Anastasii Yehorovych. In: *Entsyklopediia Suchasnoi Ukrainy*. Tom 10. Kyiv [In Ukrainian].
22. Samorodov, V. (2014). U istokov agrarnoj mysli Ukrainy: klassiki agrarnoj nauki i Poltavskaja opytnaja stancija. *Zerno*, 2, 104–106. [In Russian].
23. Samorodov, V. M., & Kyhym, S. L. (2015). *Poltavske silskohospodarske tovarystvo (1865–1920): istoriia, zvytiahy, pershopostati*. Poltava: Dyvosvit [In Ukrainian].
24. Samorodov, V., & Pospielov, S. (2016). U slavi davnii i suchasnii: do 100-richchia Doslidnoi stantsii likarskykh roslyn. *Krai*, 147, 10–11. [In Ukrainian].
25. Samorodov, V., & Suprunenko, O. (2019). Universalnyi talant Anastasiia Zaikevycha i yoho dostoine uvichnennia. Poltavskyi Kraieznavchyi Muzei. Malovidomi Storinky Istorii, Muzeieznavstvo, Okhorona Pamiatok. *Zbirnyk naukovyh statei*, XIV, 560–563. [In Ukrainian].
26. *Sistematicheskij svod postanovlenij i rasporjazhenij Poltavskogo gubernskogo zemstva za pervye shest' trehletij (s 1865 po 1882 god.)* (1886). Vyp. II, Poltava : Tipografia nasled. Pigurenko [In Russian].
27. 40-letnj jubilej Poltavskoj Sel'sko-Hozjajstvennoj Opytnoj stancii 1884–1924 g. (1925). Poltava, 1-ja Sovtipografia «Bil'shovik Poltavshhini» [In Russian].
28. Spravochnyj listok po s.-h. opytnym uchrezhdenijam Ukrainy (1922). *Sel'skohozjajstvennoe opytnoe delo*, 1, 104. [In Russian].
29. *Ukrainskyi Ahronom* (1927). [Zasiv burkunu v Solonytsi bilia Luben (lypen 1923)] (pp. 5–6). [In Ukrainian].
30. Chykalenko, Ye. (1925) *Spohady (1861-1907)*. Lviv [In Ukrainian].
31. Shelud'ko, L., Samorodov, V. & Pospelov, S. (2009). Materializacija mjatnogo aromata. *Zerno*, 12, 38–42. [In Russian].

Стаття надійшла до редакції: 29.05.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:
Самородов В. М., Поспєлов С. В. Професор Анастасій Зайкевич (1842–1931): Полтавський портрет на тлі часу. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 142–148.

© Самородов Віктор Миколайович, Поспєлов Сергій Вікторович, 2022

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ЕКОЛОГІЯ

Agriculture. Ecology

BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY

ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)

https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 556.114 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.18**

ECOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILLS' IMPACT ON ADJOINING AGRO-ECOSYSTEMS

P. Pysarenko ORCID 0000-0002-4915-265X
M. Samoilik ORCID 0000-0003-2410-865X
O. Dychenko* ORCID 0000-0003-0113-9998
Yu. Ts'ova ORCID 0000-0003-4915-265X
K. Nimets ORCID 0000-0002-1497-3175

Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody Str., Poltava, 36003, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: kaf.ekol.pdaa@ukr.net

How to Cite

Pysarenko, P., Samoilik, M., Dychenko, O., Ts'ova, Yu., & Nimets, K. (2022). Ecological and toxicological assessment of municipal solid waste landfills' impact on adjoining agro-ecosystems. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 149–156. doi: 10.31210/visnyk2022.02.18

Municipal solid waste (MSW) landfills mainly border on rural territories and can cause the deterioration of ecological and toxicological soil condition, the quality of surface and ground water, and farm products. At the same time, the issues of estimating MSW dumps' actual impact on adjoining territories, farmlands, in particular, have not been studied sufficiently. Therefore, the main purpose of our work was to conduct ecological and toxicological assessment of MSW landfills' effect on adjoining agro-ecosystems taking into account spatial remoteness from pollution sources. As a result of conducted assessment of MSW landfills' effect (30 main dumps in Poltava region make up 70 % of the whole industrially-induced load) on soils of adjoining farmlands, the excess of lead maximum permissible concentration by 1.1–5.4 times on the territory of dumps was registered (47 % of the objects); by 1.1–4.3 times (13 % of landfills) at a distance of 50 m; by 1.7–2.5 times (7 % of dumps) at a distance of 100 m. The excess of mercury maximum permissible concentration made: by 1.1–5.7 times (25 % of landfills) on the territory of dumps; by 1.7–2.3 and 1.1–1.2 times, respectively, at a distance of 50 and 100 m for 7 % of MSW landfills. The excess of zinc maximum permissible concentration was the following: by 1.1–4.3 times on the territory of dumps (17 % of landfills); by 1.1–1.8 and 1.1–1.3 times – at a distance of 50 and 100 m, respectively, for 7 % of landfills. The excess of copper maximum permissible concentration made: by 1.1–4.3 times on the territory of landfills (37 % of dumps); by 1.1–1.9 times at a distance of 50 m from dumps (13 % of landfills) and by 1.1–1.4 times at a distance of 100 m from the dumps (7 % of MSW landfills). It has been determined that petroleum products' 1.1–6.6 time excess of maximal permissible concentration on the boundary of MSW landfills is characteristic for 30 % of MSW landfills, 1.1–3.1 time excess of maximal permissible concentration is typical for 23 % of MSW landfills at a distance of 50 m, and at 100 m the excess made 1.1–1.2 times (7 % of MSW landfills). The excess of maximal permissible concentration concerning all the heavy metals and petroleum products was not registered at a distance of 200 and 500 m. Taking into account that the actual distance from the majority of MSW landfills in the region is considerably less (90 % of MSW landfills) treats arise as to the quality and amount of obtained farm products, which requires developing measures to solve these problems. The conducted studies of atmospheric air quality on the territory of MSW landfills, on the boundary with farmlands, and at a distance of 200 m enabled to find the excess of maximal permissible concentration of carbon oxide, toluene, dust, nitric dioxide. According to the results of filtrate assessment, it has been established that the excess of polluting substances'maximal permissible concentration is typical for 60 % of

MSW landfills in the region, which has created additional chemical load on soil and ground water, soils, and threatens environmental and food security of the adjoining territories. The research results can be used at assessing and decreasing the negative impact of industrially polluted lands under MSW dumps on the environment.

Key words: *pollution, soil, municipal solid waste landfill, industrially polluted lands, agro-ecosystems, farmlands.*

ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗВАЛИЩ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ НА ПРИЛЕГЛІ АГРОЦЕНОЗИ

П. В. Писаренко, М. С. Самойлік, О. Ю. Диченко, Ю. А. Цьова, К. П. Німець
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Звалища твердих побутових відходів (ТПВ) переважно межують із сільськими територіями і можуть бути причиною погіршення екотоксикологічного стану ґрунтів, якості поверхневих і підземних вод та сільськогосподарської продукції. Водночас питання оцінки їх фактичного впливу на прилеглі території, зокрема сільськогосподарські угіддя, недостатньо опрацьовані. Тому головною метою цієї роботи є необхідність провести екотоксикологічну оцінку впливу звалищ твердих побутових відходів на прилеглі агроценози, зважаючи на просторову віддаленість від джерела забруднення. У результаті проведеної оцінки впливу звалищ ТПВ (30 основних звалищ Полтавської області, які складають 70 % усього техногенного навантаження) на ґрунти прилеглих сільськогосподарських угідь встановлено перевищення ГДК по свинцю: на території звалищ у 1,1–5,4 раза (47 % цих об'єктів); на відстані 50 м у 1,1–4,3 раза (13 % звалищ); на відстані 100 м у 1,7–2,5 раза (7 % звалищ). Перевищення ГДК по ртуті склало: на території звалищ у 1,1–5,7 раза (25 % звалищ); на відстані 50 та 100 м 1,7–2,3 раза та 1,1–1,2 раза, відповідно для 7 % звалищ ТПВ. Перевищення ГДК по цинку: на території звалища у 1,1–4,3 раза (17 % звалищ); на відстані 50 та 100 м у 1,1–1,8 раза та 1,1–1,3 раза, відповідно для 7 % звалищ. Перевищення ГДК по міді: на території звалища у 1,1–4,3 раза (37 % звалищ); на відстані 50 м та 100 м у 1,1–1,9 раза та 1,1–1,4 раза, відповідно для 13 % та 7 % звалищ ТПВ. Визначено, що на межі зі звалищем ТПВ перевищення ГДК по нафтопродуктам у 1,1–6,6 раза характерне для 30 % звалищ ТПВ, на відстані 50 м перевищення ГДК по нафтопродуктам у 1,1–3,1 раза характерне для 23 % звалищ ТПВ, на відстані 100 м перевищення ГДК міді у 1,1–1,2 раза характерне для 7 % звалищ ТПВ. Перевищення ГДК по всім важким металам та нафтопродуктам відсутні на відстані 200 м та 500 м. Зважаючи, що фактична відстань від більшості звалищ ТПВ області до сільськогосподарських угідь є значно нижчою (90 % звалищ ТПВ), виникають загрози для якості та кількості отриманої сільськогосподарської продукції, що потребує розробки заходів щодо вирішення цих питань. Проведене дослідження якості атмосферного повітря на території звалищ ТПВ, на межі із сільськогосподарськими угіддями та на межі 200 м дозволило визначити, що на межі із сільськогосподарськими угіддями спостерігається перевищення значень ГДК по оксиду вуглецю; толуолу, пилу, діоксиду азоту. За результатами оцінки фільтрату виявлено, що для 60 % звалищ ТПВ області характерні перевищення ГДК по забруднюючим речовинам, що створює додаткове хімічне навантаження на ґрунтові та підземні води, ґрунти, створює небезпеку для екологічної та продовольчої безпеки прилеглих територій. Результати цих досліджень можуть бути використані при оцінці та зменшенні негативного впливу техногенно забруднених земель під звалищами ТПВ на навколишнє середовище.

Ключові слова: *забруднення, ґрунт, звалище твердих побутових відходів, техногенно забруднені землі, агроценози, сільськогосподарські угіддя.*

Вступ

Нині увагу світової громадськості сфокусовано на сталому розвитку суспільства. За результатами Конференції ООН, яка відбулася у червні 2012 року в Ріо-де-Жанейро і отримала неофіційну назву «Ріо + 20», одним із головних питань сталого розвитку, які вимагають особливої уваги, визначено погіршення якісних властивостей і зниження рівня родючості ґрунтів унаслідок їх техногенного забруднення [1]. Вплив техногенних чинників на земельні ресурси призводить до порушення природних властивостей екосистем та функцій відновлення якісних характеристик ґрунтів.

В Україні звалища ТПВ переважно межують із сільськими територіями і можуть бути причиною погіршення екотоксикологічного стану ґрунтів, якості поверхневих і підземних вод та сільськогосподарської продукції. Тобто основна проблема цього питання, як зазначають більшість вітчизняних науковців, полягає в тому, що звалища ТПВ – це не тільки вилучені землі сільськогосподарського призначення із господарського обігу регіону, але і забруднені територій навколо них, при цьому дані масштаби забруднення та збитки від цього оцінюються по-різному [1–5].

Розробці методів оцінки якості навколишнього середовища в зоні впливу звалищ ТПВ, а також принципам і критеріям оцінки видалення відходів присвячені роботи Astel A. M. [6], Єремєєва І. С. [7] Kumar A. A. [8], Петрука В. Г. [9], Pantini S. [10], Фішо Ф. І. [11] та ін. Відповідно до даних вітчизняних [12] та зарубіжних [13] досліджень, а також Звіту, виконаного Міжнародною фінансовою корпорацією (IFC, Група Світового банку) [14], на сьогодні основними показниками, які використовуються при оцінці рівня небезпеки звалищ ТПВ є інженерно-технічні показники: обсяги захоронення ТПВ, роки експлуатації, рівень заповнення тощо. У деяких роботах використовуються результати хіміко-токсикологічного аналізу звалищ ТПВ [15–18], але питання оцінки їх фактичного впливу на прилеглі території, зокрема сільськогосподарські угіддя, не достатньо опрацьовані.

Тому *метою* цієї роботи є необхідність провести екотоксикологічну оцінку впливу звалищ твердих побутових відходів на прилеглі агроценози, зважаючи на просторову віддаленість від джерела забруднення.

Матеріали і методи досліджень

Одним із найважливіших питань зменшення негативного впливу звалищ ТПВ на прилеглі сільськогосподарські угіддя є організація належного контролю за станом експлуатації діючих звалищ і полігонів ТПВ та проведення спостережень впливу цих об’єктів на прилеглі території.

Тому об’єктом дослідження стали техногенно порушені землі під звалищами ТПВ у Полтавській області. Ця територія обрана як пілотна область, результати досліджень можуть бути апліковані (застосовані) до будь-якого іншого регіону чи області.

Для виконання поставлених у дослідженні завдань відбирали проби ґрунту, природних вод та атмосферного повітря у зоні впливу техногенно забруднених територій.

Відбір і аналіз проб атмосферного повітря виконували відповідно до РД 52.04.186-89, одночасно з їхнім відбором визначали метеорологічні умови. Відбір проб здійснювали на території звалища, на межі звалища, на відстані 200 м у п’ятикратній повторюваності у напрямку розміщення сільськогосподарських угідь. Якщо сільськогосподарські землі знаходилися по різні сторони, заміри проводили у всіх напрямках, для подальшого розрахунку брали найбільше значення. Для відбору проб використовували аспіратор електроаспіратор АЕ-1А, газоаналізатори ОКСИ 5М-5Н та ДОЗОР-С, Testo 405-V1, фільтропатрон, набір наконечників та фільтрів, АПА-10, поглиначі Ріхтера. Аналіз проб атмосферного повітря на вміст метану, вуглецю оксид, сірки діоксид, азоту діоксид, аміаку, сірководню, толуолу, ксилолу, пилу здійснили на базі акредитованої лабораторії агроекологічного моніторингу ПДАУ відповідно РД 52.04.186-89, ДСТУ ISO 17621:2016, МВВ № 081/12-0161-05, МУК 4.1.3462-17.

Відбір проб фільтрату здійснювали на території звалища відповідно до ДСТУ ISO 5667-11:2005. Вимірювання проведені відповідно до методик виконання вимірювань (ДСТУ; ГОСТ; МВВ), допущених до використання. Аналіз проб здійснювався за такими показниками: нітрити (ДСТУ ISO 6777:2003), нітрати (ДСТУ 4078-2001), азот амонійний (ДСТУ ISO 5664:2007), сульфати (ГОСТ 4389-72), хлориди (ДСТУ ISO 9297:2007), залізо загальне (ДСТУ ISO 6332:2003), мідь (ГОСТ 4388-72), свинець (ДСТУ ISO 11885:2005), цинк (ДСТУ ISO 11885:2005), нікель (ДСТУ 7150:2010), фосфати (ДСТУ ISO 6878:2008), СПАР (ДСТУ ISO 2871-1:2015), нафтопродукти (ДСТУ ISO 9377-2:2015). При вимірюванні застосовані такі основні засоби вимірювальної техніки: колориметр фотоелектричний концентраційний КФК-3; спектрофотометр атомно-абсорбційний С-115 У (С-115 ПК); pH-метр, pH-150 М; комбінований вимірювач pH, питомої електропровідності, мінералізації та вмісту розчиненого кисню; терези торсійні ВЛКТ-500М; терези аналітичні АДВ-200; шафа сушильна електрична кругла 2В-151; муфельна піч Т-40/600; набір гир ГА-200.

Відбір ґрунтових проб виконували відповідно до ДСТУ 4287:2004, підготовку до аналізу – згідно з вимогами ДСТУ ISO 11464-2007. Проби відбиралися у трикратній повторюваності. Відбір проб ґрунту здійснювали на межі звалища, на відстані 50 м, 100 м, 200 м та 500 м у напрямку розміщення сільськогосподарських угідь, що знаходяться на найближчій відстані до звалища ТПВ. Визначення вмісту свинцю, ртуті, міді, цинку виконували атомно-абсорбційним методом із використанням спектрофотометру атомно-абсорбційний С-115 У (методики ДСТУ 4770.9:2007; ДСТУ ISO

16772:2005; ДСТУ 4770.6:2007; ДСТУ 4770.2:2007); нафтопродуктів – відповідно до ГОСТу 23740-79. Лабораторний аналіз проб ґрунту та води здійснювали на базі акредитованої лабораторії агроекологічного моніторингу ПДАУ. Статистичну обробку даних проводили за допомогою програми Microsoft Office Excel 2010.

Результати досліджень та їх обговорення

За результатами оцінки техногенного навантаження Полтавської області звалищами ТПВ [19] виявлено 30 найбільших звалищ ТПВ, площа понад 2 га, ступінь заповнення понад 50 %, накопичено понад 2000 м^3, а рівень небезпеки за даними [20] – Г (надзвичайно небезпечні). Саме ці 30 звалищ складають 70% усього техногенного навантаження території Полтавської області звалищами ТПВ та стали об'єктом дослідження цієї роботи. Середній термін експлуатації звалищ ТПВ області складає 37 років, при нормованому – 20 років, 11 із них експлуатується понад 40 років. Заповнені понад ніж на 100 % (переповнені) 26 % звалищ ТПВ, що створює техногенну небезпеку прилеглим територіям.

Загальний обсяг видалених відходів на 30-и звалищах ТПВ складає 8199,51 млн т відходів, з них 2020 року – 736 895 тис. т відходів [21]. Загальна площа цих звалищ складає 171,58 га (з них 6 звалищ площею понад 10 га), а це вилучені землі із господарського обігу, недоотриманий прибуток області, забруднені прилеглі землі сільськогосподарського призначення та об'єкти негативного впливу на навколишні території. На 10-и звалищах ТПВ вивозяться тільки побутові відходи, на більшість звалищ (67 %) потрапляють промислові відходи, причому на 4 звалища ТПВ потрапляють небезпечні промислові понад 20 % від загального обсягу.

Особливо небезпечним є те, що майже всі звалища (90 %) знаходяться у безпосередній близькості до сільськогосподарських угідь, причому не додержуються вимоги ДБН В.2.4-2-2005 [22] щодо відстані між полігонами ТПВ та сільськогосподарськими угіддями, яка має становити не менше 0,2 км (рис. 1).

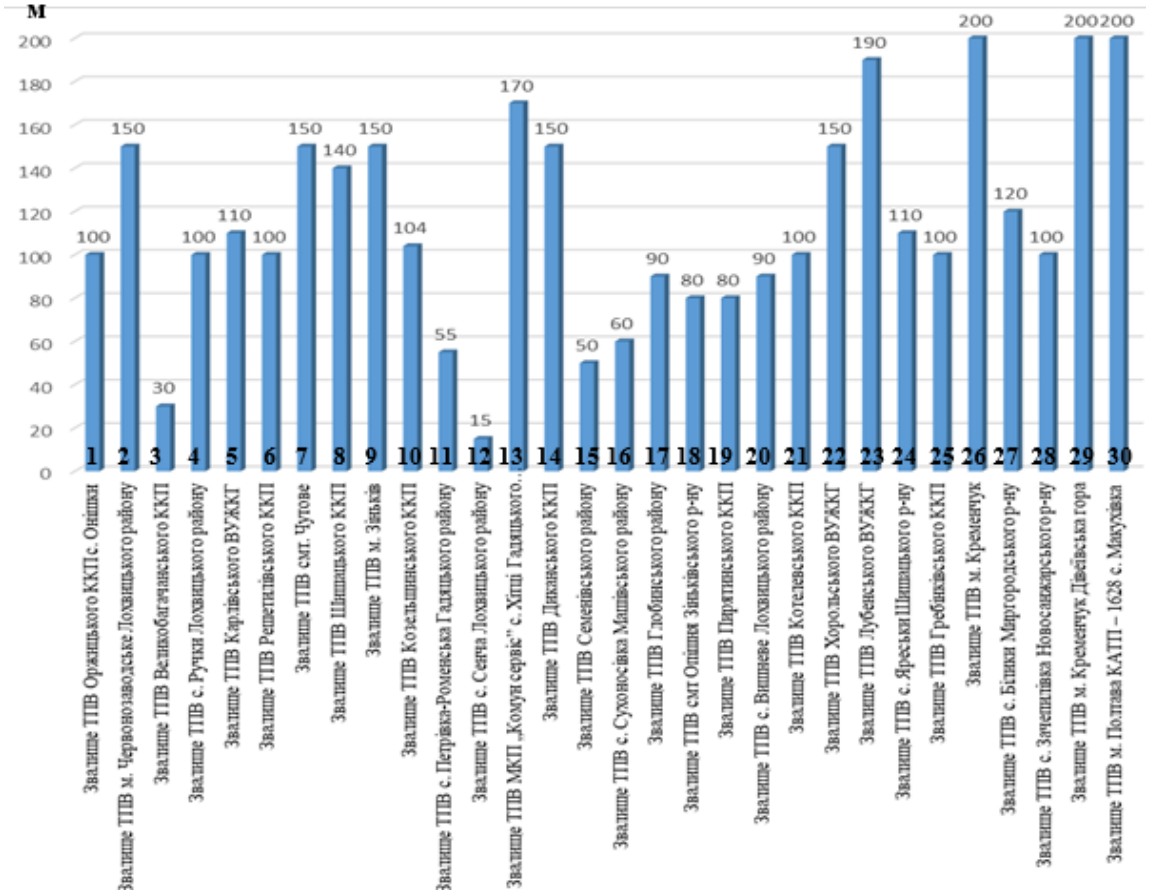


Рис. 1. Розміщення звалища ТПВ – віддаленість від сільськогосподарських угідь, м (станом на 1.01. 2021 р.)

Згідно з проведеною оцінкою, тільки три звалища ТПВ мають відстань до сільськогосподарських угідь понад 200 м, дев'ять звалищ ТПВ розміщені на відстані менш ніж 100 м до

сільськогосподарських угідь, два звалища ТПВ розміщені менш ніж за 50 м до земель із сільськогосподарською продукцією.

На першому етапі оцінки проведено дослідження якості атмосферного повітря на території звалищ ТПВ, на межі із сільськогосподарськими угіддями та на межі 200 м (нормативна межа із сільськогосподарськими угіддями відповідно до ДБН В.2.4-2-2005 [22]). Результати дозволили встановити наступне (рис. 2): на території звалищ ТПВ спостерігається перевищення значень ГДК по оксиду вуглецю (1,1–2,2 раза); азоту діоксиду (1,1–1,25 раза); аміаку (1,15–1,2 5 раза); сірководню (1,1–1,5 раза); толуолу (1,15–2,1 раза); ксилолу (1,1 раза); пилу (1,1–1,5 раза).

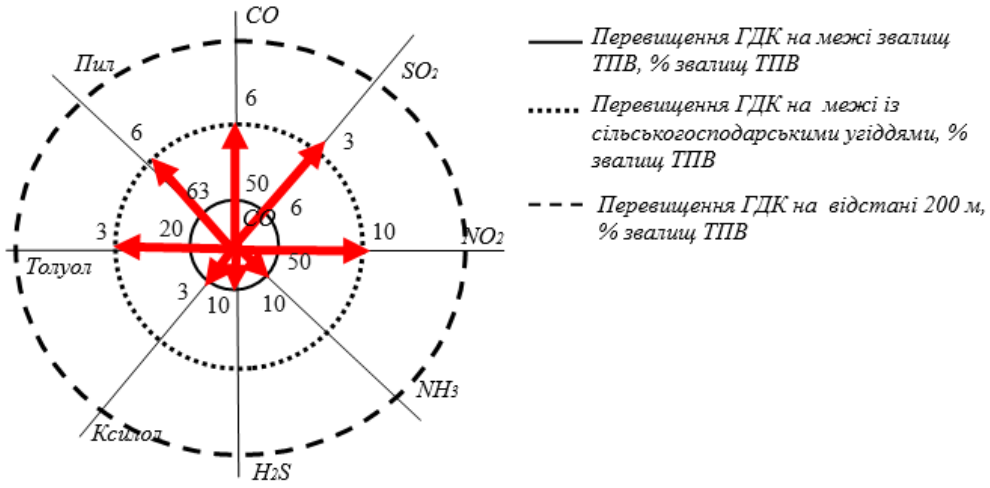


Рис. 2. Вплив техногенно порушених земель під звалищами ТПВ на атмосферне повітря

На межі із сільськогосподарськими угіддями спостерігається перевищення значень ГДК по оксиду вуглецю та толуолу (1,0–1,1 раза). На відстані 200 м перевищення ГДК по всім забруднюючим речовинам відсутні. Отже, підтверджено, що на відстані 200 м вплив на атмосферне повітря від звалищ ТПВ на сільськогосподарські угіддя відсутній.

На наступному етапі проведене дослідження якості ґрунтів на різній відстані від звалищ ТПВ за такими забруднюючими речовинами: свинець, ртуть, мідь, цинк, нафтопродукти. Встановлено, що на межі із техногенно порушеними землями перевищення ГДК свинцю характерне для 47 % звалищ ТПВ, причому перевищення значень ГДК у 1,1–1,3 раза характерне для 38 % звалищ ТПВ (12 одиниць), перевищення у 3,7–5,4 раза для двох звалищ. На відстані 50 м перевищення ГДК свинцю у 1,1–4,3 раза характерне для 13% звалищ ТПВ, на відстані 100 м перевищення ГДК свинцю у 1,7–2,5 раза характерне для 7 % звалищ ТПВ. Зважаючи, що сільськогосподарські угіддя розміщуються на відстані менше ніж 100 м у 54 % звалищ ТПВ, ці показники є досить небезпечними для екологічної та продовольчої безпеки прилеглих територій. На відстані 200 та 500 м перевищення ГДК по свинцю відсутні (рис. 3)

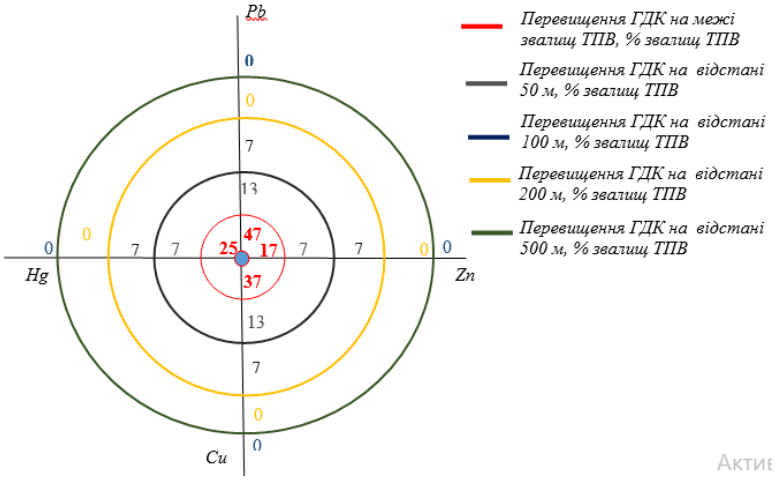


Рис. 3. Вміст важких металів у ґрунті на різній відстані від звалищ ТПВ Полтавської області, % звалищ ТПВ

На межі із техногенно порушеними землями перевищення ГДК ртуті у 1,1–5,7 раза характерне для 25 % звалищ ТПВ, причому перевищення значень ГДК у 4,7–5,7 раза характерне для двох звалищ. На відстані 50 м та 100 м перевищення ГДК ртуті складає 1,7–2,3 раза та 1,1–1,2 раза відповідно для 7 % звалищ ТПВ. На відстані 200 м та 500 м перевищення ГДК відсутні.

На межі із техногенно порушеними землями перевищення ГДК міді у 1,1–4,3 раза характерне для 37 %, цинку – для 17 % звалищ ТПВ. На відстані 50 м перевищення ГДК міді у 1,1–1,9 раза характерне для 20 % звалищ ТПВ, на відстані 100 м перевищення ГДК міді у 1,1–1,4 раза характерне для 7 % звалищ ТПВ. Перевищення ГДК цинку на відстані 50 м – у 1,1–1,8 раза, на відстані 100 м – у 1,1–1,3 раза характерне для 7 % звалищ ТПВ. На відстані 200 та 500 м перевищення ГДК по міді та по цинку відсутні.

На межі зі звалищем ТПВ перевищення ГДК по нафтопродуктам у 1,1–6,6 раза характерне для 30 % звалищ ТПВ, на відстані 50 м перевищення ГДК складає 1,1–3,1 рази (23 % звалищ ТПВ), на відстані 100 м – у 1,1–1,2 рази характерне для 7 % звалищ ТПВ. На відстані 200 метрів від об’єкту забруднення (звалища ТПВ) та більше перевищення ГДК забруднюючих речовин відсутні. Водночас встановлено, що на відстані 50 м та 100 м присутні перевищення ГДК, зокрема по важких металах та нафтопродуктах, а враховуючи що у сільськогосподарські угіддя розташовуються на відстані меншій ніж 100 м від звалищ ТПВ (характерно для 54 % звалищ ТПВ), це створює небезпеку для екологічної та продовольчої безпеки прилеглих територій.

За результатами оцінки фільтрату від звалищ ТПВ Полтавської області приведено на рис. 4.

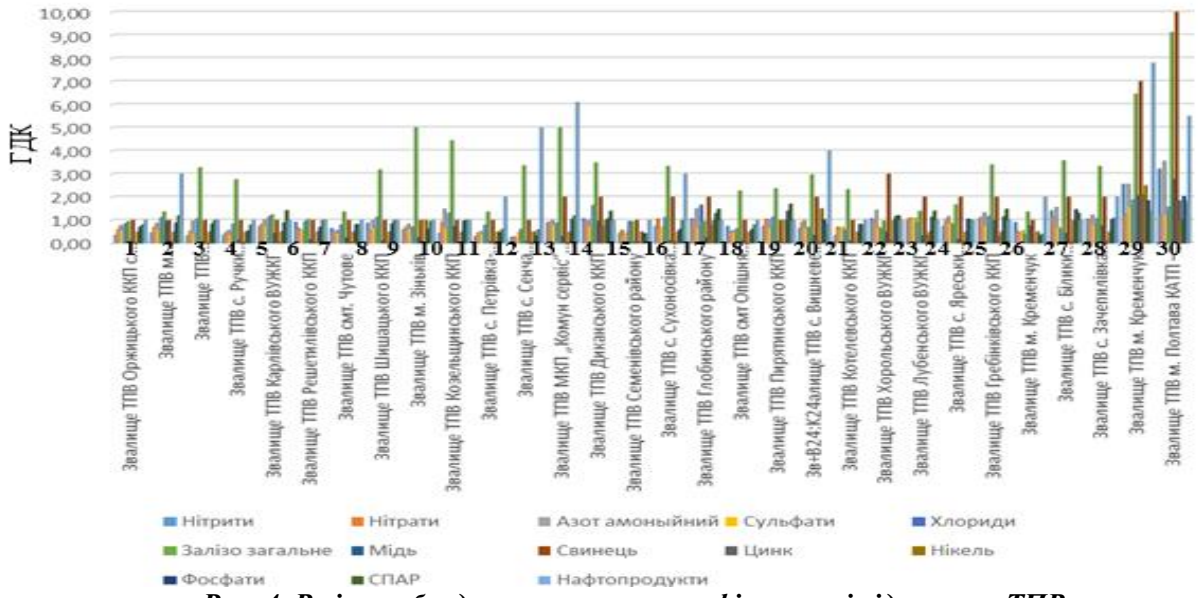


Рис. 4. Вміст забруднюючих речовин у фільтраті від звалищ ТПВ

Аналізуючи дані рисунка, встановлено, що для 60 % характерні перевищення ГДК по забруднюючих речовинах, що створює додаткове хімічне навантаження на ґрунтові та підземні води, ґрунти, створює небезпеку для екологічної та продовольчої безпеки прилеглих територій.

Висновки

У результаті проведеного дослідження впливу звалищ ТПВ на прилеглі території (на прикладі Полтавської області) встановлено, що майже всі звалища (90 %) знаходяться у безпосередній близькості до сільськогосподарських угідь, причому не додержуються вимоги ДБН В.2.4-2-2005 (200 м). При оцінці якості атмосферного повітря на різній відстані від звалищ ТПВ визначено, що перевищення ГДК по всіх речовинах відсутні на відстані 200 м. Зважаючи, що фактична відстань від більшості звалищ ТПВ області до сільськогосподарських угідь є значно нижчою, виникають загрози для якості та кількості отриманої сільськогосподарської продукції, що потребує розробки заходів щодо вирішення цих питань.

Проведене дослідження якості ґрунтів на різній відстані від звалищ ТПВ показали, що на відстані 200 метрів від об’єкту забруднення (звалища ТПВ) та більше, перевищення ГДК забруднюючих

речовин відсутні. Водночас встановлено, що на відстані 50 м та 100 м є перевищення ГДК забруднюючих речовин, зокрема по важких металах та нафтопродуктах, а зважаючи на те, що сільськогосподарські угіддя розташовуються на відстані меншій ніж 100 м від звалищ ТПВ (характерно для 54 % звалищ ТПВ), це створює небезпеку для екологічної та продовольчої безпеки прилеглих територій. Також результати оцінки фільтрату від звалищ ТПВ Полтавської області дозволили встановити, що для 60 % цих об'єктів характерні перевищення ГДК по забруднюючих речовинах, що створює додаткове хімічне навантаження на грунтові та підземні води, грунти, створює небезпеку для екологічної та продовольчої безпеки прилеглих територій.

Перспективи подальших досліджень. Результати проведеного експериментального дослідження можуть бути використані при оцінці та зменшенні негативного впливу техногенно забруднених земель під звалищами ТПВ на навколишнє середовище з метою відновлення цих територій та повернення їх до господарського обігу в контексті забезпечення екологічної, продовольчої безпеки регіону та створення сталих агроекосистем.

References

1. Pysarenko, P. V. Samoilik, M. S., & Tsova, Yu. A. (2021). *Teoretyko-metodolohichni zasady upravlinnia sferoiu povodzhennia z tverdymy vidkhodamy na rehionalnomu rivni*: monohrafiia. Poltava: Simon. [In Ukrainian].
2. Henyk, Ya.V. (2009). Ekoloho-biolohichni osnovy vidnovlennia landshaftiv, porushenykh zvalyshchamy ta polihonamy tverdykh pobutovykh vidkhodiv. *Naukovyi Visnyk NLTU Ukrainy*, 19 (2), 77–82. [In Ukrainian].
3. Snitynskyi, V., & Zelisko, O. (2014). Ekolohichnyi monitorynh antropohenno-porushenykh zemel Lvivskoho polihonu tverdykh pobutovykh vidkhodiv. *Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*, 18, 3–7. [In Ukrainian].
4. Semenenko, I. S., & Suprunenko, O. V. (2011). Problema tverdykh pobutovykh vidkhodiv ta yii rehionalni aspekty. *Naukovyi Visnyk Uzhhorodskoho Universytetu. Seriia: Ekonomika*, 32, 50–55. [In Ukrainian].
5. Dalemo, S., &Joensson, B. (2008). Effects of including nitrogen emissions from soil in environmental analysis of waste management strategies. *Resources, Conservation & Recycling*, 24, 363–381
6. Astel, A., Chepanova, L., & Simeonov, V. (2011). Soil contamination interpretation by the Use of Monitoring Data Analysis. *Water and Air Pollution*, 216, 375 – 390. doi: 10.1007/s11270-010-0539-1
7. Yeremieiev, I. S., & Marchuk, S. V. (2015). Doslidzhennia vplyvu polihoniv TPV na zemli silskohospodarskoho pryznachennia. *Ahrosvit*, 15, 3–8 [In Ukrainian].
8. Kumar, A. A., & Samadder, S. R. (2017). An empirical model for prediction of household solid waste generation rate – A case study of Dhanbad, India. *Waste Managment*, 68, 3–15. doi: 10.1016/j.wasman.2017.07.034
9. Petruk, V. H., Ranskyi, A. P., & Petruk, R. V. (2012). *Upravlinnia ta povodzhennia z vidkhodamy*. Vinnytsia: FOP Rohalska [In Ukrainian].
10. Pantini, S., Lombardi, F., & Verginelli, I. (2013). A new screening model for leachate production assessment at land-fill sites. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11, 98–108.
11. Fisho, F. I. (2004). *Posobie po monitoringu poligonov tverdyh bytovyh othodov*. Doneck: Tasis [In Russian].
12. Nekos, O. M., Pelykhatyi, N. M., & Krainiukov, O. M. 2014. *Suchasni ekolohichni doslidzhennia na terytorii Ukrainy: stan ta perspektyvy*: monohrafiia. Kharkiv [In Ukrainian].
13. Mor, S., Ravindra, K., Dahiya, R. P., & Chandra, A. (2016). Leachate Characterization and Assessment of Groundwater Pollution Near Municipal Solid Waste Landfill Site. *Environmental Monitoring and Assessment*, 118 (1–3), 435–456. doi: 10.1007/s10661-006-1505-7
14. Tverdi pobutovi vidkhody v Ukraini: potentsial rozvytku stsenarii rozvytku haluzi povodzhennia z tverdymy pobutovymy vidkhodamy. Retrieved from: https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/504c5765-89d4-4be1-916e-ea27aa94feaf/22 [In Ukrainian].
15. Popovych, V. V. (2012). Fizyko-mekhanichni vlastyvosti edafotopiv dovkola tekhnohennykh vodoim smittiezvalyshch ta polihoniv tverdykh pobutovykh vidkhodiv u mezhakh Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy, 22 (14), 106–110. [In Ukrainian].
16. Prishchepa, A. N. (2017). Forecasts and prospects for ensuring the environmental safety of the agrosphere in the zone of influence of the city of Rivne. *Science and New Dimension. Natural and Technical Sciences*, 13, 24–28. Retrieved from: www.seanewdim.com.

17. Bryukhov, M. N., Ulrich, D. V., & Zhbankov, G. O. (2014). Modern experience of natural clay use at reclamation of disturbed soil. *14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO.* Albena, Bulgaria.

18. Hryshko, V. M., Syshchykov, D. V., & Piskova, O. M. (2012). *Vazhki metaly: nadkhodzhennia v grunty, translokatsiia u roslynakh ta ekolohichna bezpeka*. Donetsk: Donbas [In Ukrainian].

19. Sereda, M. S. (2021). Risks and hazards diagnostics of impact of industry-related lands under municial solid waste landfills on farmlands. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 91–100. doi: 10.31210/visnyk2021.03.11

20. Ekolohichnyi pasport Poltavskoi oblasti 2020 rik. Retrieved from: https://mepr.gov.ua/files/docs/eco_passport/2021 [In Ukrainian].

21. Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha v Poltavskii oblasti u 2020 rotsi Retrieved from: https://mepr.gov.ua/ content/ [In Ukrainian].

22. DBN V.2.4-2-2005. (2005). Polihony tverdykh pobutovykh vidkhodiv. Osnovni polozhennia pro proektuvannia: zatverdzheno Nakazom Derzhbudu Ukrainy vid 17.06.2005 r. №101. Kyiv: Derzhbud Ukrainy [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 12.03.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Цьова Ю. А., Німець К. П. Екотоксикологічна оцінка впливу звалищ твердих побутових відходів на прилеглі агроценози. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 149–156.

© Писаренко Павло Вікторович, Самойлік Марина Сергіївна, Диченко Оксана Юріївна, Цьова Юрій Андрійович, Німець Катерина Павлівна, 2022

Agriculture. Ecology

BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY

ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)

https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 631.151.6 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.19**

AGRO-ECOLOGICAL PECULIARITIES OF NATURAL BRINES AND MINERALS' IMPACT ON SOIL MICROORGANISMS

P. Pysarenko ORCID 0000-0002-4915-265X
M. Samoilik ORCID 0000-0003-2410-865X
O. Dychenko* ORCID 0000-0003-0113-9998
A. Taranenko ORCID 0000-0002-1305-939X
M. Galytska ORCID 0000-0003-2579-0515
O. Nimets ORCID 0000-0002-4969-4854

Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody Str., Poltava, 36003, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: ksenijadichenko84@ukr.net

How to Cite

Pysarenko, P., Samoilik, M., Dychenko, O., Taranenko, A., Galytska, M., & Nimets, O. (2022). Agro-ecological peculiarities of natural brines and minerals' impact on soil microorganisms. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 157–164. doi: 10.31210/visnyk2022.02.19

Under modern conditions of energy and environmental crisis, the search for new substances ensuring the formation of microbial cenosis composed of many valuable groups of microorganisms, having the optimal level of humification and increasing the organic substance in the soil, make it possible to develop innovative environmentally safe kinds of fertilizers and crop protection means under specific soil and climatic conditions. At the same time, at present, studying the effect of different doses of concomitant layer water on microbiological and enzymatic soil activity for substantiating environmentally safe system of applying new kinds of fertilizers and plant protection means is topical and insufficiently investigated. Therefore, the main purpose of this paper is studying the specifics of formation and functioning microbial cenosis and establishing the dependence between microbiological and enzymatic activity of podzolized black soil at using concomitant layer water of different concentration. The experiment envisaged researching the effect of concomitant layer water of different doses: 300, 600, 900, 1,200, 2,400, 4,800 l/ha on the amount of major microorganism groups in the soil. Soil without applying any substances was considered as a control variant. As a result of studying major environmental trophic groups of microorganisms, it has been found that the use of concomitant layer water at a dose of 1,200 l/ha assists in increasing nutrients in the soil for various environmental trophic groups of microorganisms, decreasing humus decomposition speed, and creating favorable conditions for developing soil microorganisms. It has been established that the use of concomitant layer water at a dose of 400 l/ha improves soil enzymatic activity for 21 days (in particular, that of polyphenol oxidase, peroxidase, catalase, and urease). The number of ammonification and nitrogen fixing bacteria at applying concomitant layer water at a dose of 1,200 l/ha increases immediately after using. Then, during the following months their amount decreases to the control level. Applying high doses of concomitant layer water – 4,800 l/ha results in decreasing these groups of bacteria. Concomitant layer water at doses from 300 l/ha to 900 l/ha has the highest effect for pedotrophic microorganisms (30.2; 29.4, and 17.1 million, respectively), and for oligonitrophic – 900–1,200 l/ha (5.4 and 6.0 million, respectively). Thus, the application of concomitant layer water at a dose of 1,200 l/ha can be used as environmentally safe fertilizer in organic farming, which will favor the improvement of soil and biological indicators of land.

Key words: *soil, concomitant layer water (CLW), microbial cenosis, microbiological activity, enzymatic activity, podzolized black soil.*

АГРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДІЇ ПРИРОДНИХ РОЗСОЛІВ ТА МІНЕРАЛІВ НА ҐРУНТОВІ МІКРООРГАНІЗМИ

П. В. Писаренко, М. С. Самойлік, О. Ю. Диченко, А. О. Тараненко, М. А. Галицька, О. М. Німець
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

У сучасних умовах енергетичної та екологічної кризи пошук нових речовин, що забезпечували би формування мікробного ценозу з багатим складом агрономічно цінних груп мікроорганізмів, оптимальний рівень гуміфікації і збільшення органічної речовини у ґрунті, надають можливість обґрунтувати інноваційні екологобезпечні види добрив та захисту сільськогосподарських рослин у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Водночас вивчення впливу супутньо-пластової води в різних дозах на мікробіологічну та ферментативну активність ґрунту для обґрунтування екологобезпечної системи використання нових видів добрив та захисту рослин є актуальним та малодослідженим на сьогодні. Саме тому головною метою цієї роботи стало вивчення специфіки формування і функціонування мікробного ценозу та з'ясування залежності між мікробіологічною та ферментативною активністю чорнозему опідзоленого за умов застосування супутньо-пластової води різної концентрації. Експеримент передбачав дослідження впливу супутньо-пластової води різної дози, а саме: 300, 600, 900, 1200, 2400, 4800 л/га на чисельність основних груп мікроорганізмів у ґрунті. Як контрольний варіант розглядали ґрунт без внесення будь-яких речовин. У результаті вивчення основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів встановлено, що використання супутньо-пластової води у дозі 1200 л/га сприяє збільшенню вмісту поживних речовин у ґрунті для різних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, зменшенню швидкості розкладання гумусу і створенню сприятливих умов для розвитку ґрунтових мікроорганізмів. Встановлено, що застосування супутньо-пластової води в дозі 400 л/га покращує ферментативну активність ґрунту на 21-у добу (зокрема поліфенолоксидази, пероксидази, каталази та уреази). Кількість амоніфікуючих та азотфіксуючих бактерій при використанні супутньо-пластової води у дозі 1200 л/га збільшується відразу після внесення, потім протягом наступних місяців їх чисельність зменшується до рівня контролю. Використання високих доз супутньо-пластової води, а саме: 4800 л/га призводить до зменшення цих груп бактерій. Найбільшу активність для педотрофних мікроорганізмів має супутньо-пластова вода в дозі від 300 л/га до 900 л/га (30,2; 29,4 та 17,1 млн відповідно), а для олігонітрофільних – 900–1200 л/га (5,4 та 6,0 млн відповідно). Отже, використання супутньо-пластової води в дозі 1200 л/га може бути застосовано як екологобезпечне добриво в органічному землеробстві, що сприятиме покращенню ґрунтово-біологічних показників ґрунту.

Ключові слова: *ґрунт, супутньо-пластова вода (СПВ), мікробний ценоз, мікробіологічна активність, ферментативна активність, чорнозем опідзолений.*

Вступ

Нині через економічну і енергетичну кризи, а також посилення вимог до впровадження в життя екологічно обґрунтованих технологій виникла необхідність у пошуку нових речовин, що забезпечували би формування мікробного ценозу з багатим складом агрономічно цінних груп мікроорганізмів, оптимальний рівень гуміфікації і збільшення органічної речовини у ґрунті в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах [1]. Одним із таких методів може бути використання супутньо-пластової води (СПВ), що є побічним продуктом під час нафтовидобування.

У попередніх дослідженнях [2–5] встановлено, що одним із екологобезпечних методів покращення активності мікробіоти ґрунту є використання бішофіту [6, 7]. Водночас подальше вивчення впливу природніх розсолів, зокрема супутньо-пластової води, на ґрунтово-біологічні процеси різної концентрації для обґрунтування екологобезпечної системи використання нових видів добрив та захисту рослин є актуальним на сьогодні.

Результати досліджень вітчизняних і зарубіжних авторів свідчать про те, що у ґрунті перебуває різноманітний асортимент ферментів [8, 9]. Ґрунтовий ензиматичний комплекс складається з двох компонентів – активності живого макро- і мікросвіту ґрунту й активності вільних, тобто не зв'язаних із живою речовиною, ґрунтових ферментів [10]. Ферменти у ґрунті належать не тільки мікробам, грибам, актиноміцетам, водоростям, але значною мірою і вищими рослинами, маса яких у декілька разів перевершує мікронаселення ґрунту. Встановлено також, що мікроорганізми виділяють у субстрат більш активні ферменти, ніж вищі рослини [11].

Зважаючи на це, *основною метою цього дослідження* було вивчити специфіку формування і функціонування мікробного ценозу та виявити залежності між мікробіологічною та ферментативною активністю чорнозему опідзоленого за умов застосування супутньо-пластової води різної концентрації.

Матеріали і методи досліджень

Експеримент передбачав дослідження впливу супутньо-пластової води різної дози, а саме: 300, 600, 900, 1200, 2400 та 4800 л/га на чисельність основних груп мікроорганізмів у ґрунті.

Для цього відбирали зразки ґрунту у ФГ «АРСЕЛОНА» (Полтавська обл., Шишацький р-н, село Баранівка) у весняний та літній періоди протягом 2016–2021 років. Зразки ґрунту відбирали розміром 30*30*30 см та закладали у чотирикратній повторюваності. Як контрольний варіант розглядали ґрунт без внесення будь-яких речовин. Закладали такі експериментальні ділянки, які враховували різну дозу супутньо-пластової води: 1 – контроль; 2 – СПВ 300 л/га; 3 – СПВ 600 л/га; 4 – СПВ 900 л/га; 5 – СПВ 1200 л/га; 6 – СПВ 2400 л/га; 7 – СПВ 4800 л/га; 8 – $N_{50}P_{50}K_{50}$.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий глибокий малогумусний середньосуглинковий: вміст гумусу – 3,6 %, загального азоту – 0,32 %; гідролітична кислотність – 2,39 мг-екв, легкогідролізованого азоту (N) – 14,1 мг/100 г ґрунту, P_2O_5 – 26,9 мг/100 г ґрунту, K_2O – 8,7 мг/100 г ґрунту. Супутньо-пластову воду використовували з Решетняківського родовища, вона має такі характеристики: pH 8,7–8,9; Na+K 45,8–50,2 г/дм^3; Ca^{2+} 10,9–11,1 г/дм^3; Mg^{2+} 0,9–1,0 г/дм^3; Cl^- 95,6–105,2 г/дм^3; SO_4^{2-} 6,8–7,0 г/дм^3; HCO_3^- 0,82–1,15 г/дм^3; вміст нафтовуглеводнів складав 3–5 %.

Для мікробіологічних аналізів відбирали по 10 г ґрунту з кожного варіанту досліду, які проводили у трьох повторах. Наважки переміщували у стерильні ступки і диспергували мікроорганізми методом Д. Звягінцева [7]. Десятикратні розведення вихідної ґрунтової суспензії використовували для висівання на селективні середовища. Дослідження проводили на 15-й, 30-й та 60-й день.

Визначення еколого-трофічних груп ґрунтових мікроорганізмів визначали шляхом висіву певних розведень ґрунтових суспензій на відповідні поживні середовища [7–10]: оліготрофні мікроорганізми – на голодному агарі (агар-агар – 20 г/л, посів глибинний, 3–4 розведення); мікроорганізми, здатні засвоювати органічні форми азоту (амоніфікатори) на м'ясо-пептоному агарі (МПА) (посів глибинний, 5 розведень); нітрифікатори визначали в рідкому середовищі Виноградського (1 мл суспензії, 2–4 розведення) та на вилугованому голодному агарі з 2,5 мл 20 % розчину $MgNH_4 \cdot 6H_2O$ (посів на поверхні); денітрифікатори – на середовищі МПА з 0,1 % аміачної селітри; фосфатмобілізуючі – на агарізованому середовищі Муромцева; кількість спорових форм мікроорганізмів – після пастерізації (70°–30°) на МПА з вуглеводами, або на середовищі – сусло-агар (СА); кількість мікроскопічних грибів – на агарізованому середовищі Чапека з молочною кислотою; кількість актиноміцетів та загальна кількість мікроорганізмів – на крохмально-аміачному агарі (КАА), кількість педотрофних мікроорганизмів – на агарізованій ґрунтовій витяжці; кількість азотфіксуючих бактерій у безазотному середовищі Виноградського. За одержаними даними розраховано коефіцієнт педотрофності.

Активність уреази визначали колориметрично з 3 % розчином сечовини і кількісним визначенням аміаку з реактивом Неслера в мг NH_3 на 1 г ґрунту за 24 год. [11]; каталази – газометрично з 3% розчином перекису водню в см^3 O_2 на 1 г ґрунту за 1 хв.; активність поліфенолоксидази та пероксидази визначали за методом А. Ш. Галстяна [12]. Статистичний аналіз виконували методом дисперсійного аналізу в комп'ютерних програмах Excel та Statistica – 6.0 [13, 14].

Результати досліджень та їх обговорення

Мікробіологічна індикація досліджуваного ґрунту показала, що внесення природних розсолів та мінералів сприяли створенню у верхньому шарі ґрунту певного рівня біологічної активності, що зумовила специфічні умови трансформації органічної речовини і продуктивності агробіоценозу [15–16].

Встановлено, що при використанні супутньо-пластової води, завдяки її унікальному природному складу органічної та неорганічної частини, а саме складаються сприятливі умови для життєдіяльності цілої низки ґрунтових мікроорганізмів. Стимулюється ріст і розвиток мікроскопічних грибів (до 58 тис. при використанні дози СПВ 1200 л/га) та целюлозоруйнівних мікроорганізмів (з 105 шт. колоній на контролі до 800 шт. колоній у варіанті з дозою СПВ 1200 л/га) які беруть участь у розкладанні пожнивних решток.

1. Вплив внесення СПВ на мікробний ценоз ґрунту (середнє за 2016–2021 рр.)

Варіант	Гриби мікроскопічні, тис.	Кількість мікробних колоній, шт.			
		целюлозо-руйнуючі	автохтонні	олігонітро-фільні	усього мікробних тіл
Контроль (без МПВ)	–	105	75	–	176
СПВ, 300 л/ га	–	185	95	–	300
СПВ, 600 л/ га	6	300	294	–	600
СПВ, 900 л/ га	20	320	504	–	900
СПВ, 1200 л/га	58	800	700	130	1700
СПВ, 2400 л/ га	12	30	25	168	368
СПВ, 4800 л/ га	2	–	–	280	280
$N_{50}P_{50}K_{50}$	–	–	–	70	150

Відмічено і значне підвищення життєдіяльності і олігонітрофільних мікроорганізмів, які використовують низькі концентрації мономерів і завершують мінералізацію органічних решток. Питома вага мікроорганізмів у мікробному ценозі значна, і становить у ґрунті на контролі – 176, СПВ 900 л/га – 900, СПВ 1200 л/га – 1700, та мінеральному контролі – 150 шт. мікробних колоній. Варто зазначити, що використання високих доз СПВ, як і мінеральних добрив, не призводило до покращення життєдіяльності ґрунтових мікробних ценозів.

Вплив тривалого застосування мінералізованої пластової води на динаміку чисельності різних груп ґрунтових мікроорганізмів представлені в таблицях 2–5.

2. Чисельність основних груп мікроорганізмів у ґрунті, кількість клітин в 1 грамі абсолютно сухого ґрунту (весняний відбір, середнє за 2016–2021 рр., млн КУО/г ґрунту)

Варіант досліду*	Загальна кількість бактерій, млн	Педотрофні м/о, млн	Оліготрофні м/о, млн	Амоні-фікатори, млн	Спорові бактерії, млн	Азотфіксуючі бактерії, млн	Актино-міцети млн	Гриби, тис.
I – 1	5,9±0,55	12,2±0,57	3,5±0,35	13,9±1,40	3,2±0/09	19,3±0,23	0,6±0,12	36,4±3,00
I – 2	7,8±0,73	36,1±0,75	3,7±0,26	19,2±0,10	2,5±0,17	20,9±0,90	0,4±0,03	40,2±1,15
I – 3	5,0±0,12	30,1±0,65	3,5±0,35	11,3±0,85	2,5±0,17	12,0±0,30	0,4±0,05	53,3±1,3
I – 4	7,9±0,43	19,7±4,45	1,1±0,06	7,1±0,38	1,6±0,03	6,1±0,17	0,5±0,05	19,4±1,4
I – 5	6,0±0,12	14,9±0,38	2,1±0,02	5,5±0,35	1,7±0,03	9,2±0,06	0,6±0,05	49,8±1,3
I – 6	5,7±0,17	11,5±0,72	8,0±1,64	16,1±0,32	1,3±0,33	7,6±0,58	0,04±0,00	19,4±1,4
I – 7	1,8±0,15	14,5±1,24	1,5±0,60	7,5±1,00	1,7±0,15	11,8±0,9	0,9±0,02	84,5±5,50
I – 8	3,1±0,20	23,0±0,44	2,8±0,26	3,6±0,10	2,0±0,06	7,9±0,24	1,4±0,00	58,7±2,55
II – 1	11,3±1,88	6,9±0,43	0,5±0,02	0,8±0,10	0,1±0,00	0,9±0,05	0,2±0,00	18,5±1,6
II – 2	7,3±0,05	36,8±0,10	1,5±0,05	9,7±1,15	1,8±0,70	7,3±0,45	0,4±0,01	63,0±0,60
II – 3	11,7±1,13	36,9±1,77	1,7±0,06	22,9±5,15	2,1±0,03	10,2±0,60	0,2±0,00	16,2±0,60
II – 4	19,2±1,20	11,6±0,03	8,6±0,10	14,7±0,29	1,7±0,05	20,8±1,25	0,4±0,03	9,6±1,20
II – 5	3,2±0,09	16,3±0,29	10,7±1,34	20,5±3,5	1,9±0,05	26,6±3,20	0,4±0,03	24,4±4,2
II – 6	11,3±1,18	10,4±0,67	2,8±0,19	1,1±0,15	2,4±0,10	7,9±0,85	0,6±0,05	47,4±0,10
II – 7	10,0±1,24	8,8±1,06	2,5±0,09	9,4±0,85	0,2±0,06	12,8±1,55	0,4±0,00	65,7±0,65
II – 8	3,8±0,00	16,3±0,90	3,0±0,07	3,5±0,15	1,7±0,05	17,3±0,40	0,1±0,00	24,1±0,64
III – 1	3,1±0,20	21,9±0,20	1,9±0,03	5,9±0,05	1,9±0,09	9,1±0,70	0,1±0,00	33,0±3,00
III – 2	6,7±1,41	15,8±0,20	0,2±0,04	0,5±0,05	0,2±0,08	3,5±0,06	0,5±0,00	20,2±0,65
III – 3	15,7±3,18	21,3±1,84	1,6±0,05	4,6±0,71	0,5±0,35	12,6±1,00	0,5±0,00	18,9±1,95
III – 4	13,0±1,15	20,1±0,20	6,4±1,36	13,9±1,40	2,5±0,03	18,3±0,10	0,2±0,01	47,1±10,65
III – 5	21,5±0,20	12,9 ±0,47	5,2±1,02	17,4±0,06	1,5±0,15	13,5±0,15	0,5±0,02	19,5±0,50
III – 6	3,5±0,35	16,9±0,05	0,7±0,02	12,2±0,00	0,7±0,00	17,0±0,00	0,6±0,00	24,7±6,50
III – 7	3,8±0,10	14,2±0,38	7,4±0,64	5,8±0,03	2,0±0,08	1,1±0,05	0,3±0,00	42,6±3,00
III – 8	15,00±0,51	11,9±1,27	7,7±0,03	12,4±0,10	2,4±0,50	5,2±1,20	0,8±0,05	39,65±0,80

Примітки: * I – дані на 15-й день, II – дані на 30-й день, III – дані на 60-й день; 1 – контроль; 2 – СПВ 300л/га; 3 – СПВ 600 л/га; 4 – СПВ 900 л/га; 5 – СПВ 1200 л/га; 6 – СПВ 2400 л/га; 7 – СПВ 4800 л/га; 8 – N50P50K50.

3. Чисельність нітрофікаторів та денітрофікаторів у ґрунті, кількість клітин в 1 грамі абсолютно сухого ґрунту (весняний відбір, середнє за 2016–2021 рр., млн КУО/г ґрунту)

Варіант досліду*	Коефіцієнт вологості	Аеробні кліткоруйнівні мікроорганізми, тис.	Нітрифікаори, тис.	Денітрифікатори, млн	Потенційна азотфіксуюча активність, мг азоту на 1 г абсолютно сухого ґрунту за год.	Індекс педотрофності
I – 1	1.3	108,0±0,00	203,0±4,50	0,5±0,03	1.0	7.4
I – 2	1.3	234±0,00	142,8±4,,95	0,6±0,01	0.7	2.9
I – 3	1.3	201,5±5,00	158,6±2,60	0,3±0,02	0.9	6.0
I – 4	1.3	210,0±6,00	365,3±1,30	0,6±0,03	1.5	2.1
I – 5	1.2	150,0±6,00	102,6±1,80	0,6±0,12	0.2	2.0
I – 6	1.2	216,0±0,00	118,8± 2,40	0,5±0,02	0.9	2.0
I – 7	1.2	108,0±1,32	95,4±1,80	0,3±0,01	0.9	2.5
I – 8	1.7	204±0,10	121,8±3,00	0,3±0,01	1.2	2.5
II – 1	1.3	201,5±6,50	76,0±2,00	0,3±0,02	1.4	4.3
II – 2	1.3	150,0±6,00	75,4±1,30	0,4±0,01	1.0	0.4
II – 3	1.2	200,0±8,00	106,8±1,20	0,5±0,00	1.1	3.2
II – 4	1.2	198,0±2,00	118,8±1,20	0,6±0,00	0.5	0.6
II – 5	1.3	96,0±12,00	144,3±0,00	0,5±0,01	1.3	0.9
II – 6	1.2	136,5±19,50	162,1±0,90	0,5±0,03	0.7	3.7
II – 7	1.3	163,0±2,00	132,6±1,80	0,4±0,001	1.0	1.6
II – 8	1.3	136,5±6,50	260,0±0,00	0,3±0,03	0.9	5.1
III – 1	1.2	140,5±3,50	96,0±4,80	0,9±0,02	0.3	0.8
III – 2	1.3	116,4±0,65	126,1±0,00	0,5±0,03	0.4	1.1
III – 3	1.3	185,3±3,25	130,0±0,65	0,9±0,09	2.1	1.3
III – 4	1.3	110,5±1,30	147,6±1,95	1,0±0,00	3.5	7.1
III – 5	1.3	205,4±0,00	288,6±2,60	1,3±0,00	2.2	4.8
III – 6	1.2	93,0±0,00	131,4±3,00	0,9±0,15	1.6	4.2
III – 7	1.2	156,0±0,00	43,2±0,00	0,7±0,25	0.9	2.0
III – 8	1.2	108,0±0,00	109,6±3,20	1,2±0,10	0.8	0.6

Примітки: * I – дані на 15-й день, II – дані на 30-й день, III – дані на 60-й день; 1 – контроль; 2 – СПВ 300 л/га; 3 – СПВ 600 л/га; 4 – СПВ 900 л/га; 5 – СПВ 1200 л/га; 6 – СПВ 2400 л/га; 7 – СПВ 4800 л/га; 8 – $N_{50}P_{50}K_{50}$.

4. Чисельність основних груп мікроорганізмів у ґрунті, кількість клітин в 1 грамі абсолютно сухого ґрунту (літній відбір, середнє за 2016–2021 рр., млн КУО/г ґрунту)

Варіант досліду *	Загальна кількість бактерій, млн	Педотрофні м/о, млн	Оліготрофні м/о, млн	Амоні-фікатори, млн	Спорові бактерії, млн	Азот-фіксуючі бактерії, млн	Актиноміцети млн	Гриби, тис.
I – 1	1,4±0,03	12,7±0,32	1,0±0,04	0,8±0,00	1,8±0,06	2,8±0,03	19,7±3,09	19,87±0,07
I – 2	1,6±0,10	4,5±0,15	1,3±0,01	1,1±0,23	1,6±0,05	3,7±0,17	19,3±1,88	11,33±0,88
I – 3	2,5±0,08	9,8±0,13	1,4±0,00	1,5±0,14	1,7±0,00	4,1±0,07	8,07±0,97	10,3±0,33
I – 4	2,7±0,03	9,6±1,39	1,9±0,05	1,7±0,07	1,8±0,2	6,2±0,15	6,3±0,33	23,4±0,00
I – 5	3,9±0,02	9,5±0,35	1,6±0,1	3,1±0,09	1,3±0,03	3,4±0,49	13,9±0,43	16,9±0,97
I – 6	4,1±0,10	11,5±0,29	1,2±0,03	2,3±0,06	1,6±0,07	3,6±0,46	11,4±0,37	17,20±0,40
I – 7	5,2±0,10	4,5±0,15	1,6±0,06	1,5±0,14	1,0±0,01	3,9±0,26	53,0±1,89	38,3±0,88
I – 8	3,0±0,10	5,8±0,29	2,0±0,00	3,8±0,35	0,9±0,05	3,5±0,12	125,0±14,43	16,0±0,58
II – 1	3,3±0,10	6,0±0,00	1,3±0,01	2,4±0,43	2,0±0,06	2,2±0,03	19,8±3,18	21,0±0,41
II – 2	3,1±0,09	4,9±0,15	1,3±0,00	1,9±0,05	0,9±0,03	4,2±0,90	13,0±0,58	20,1±0,37
II – 3	2,5±0,25	6,2±0,15	2,1±0,02	1,6±0,09	1,3±0,00	4,3±0,32	14,7±2,86	22,4±0,37
II – 4	3,2±0,12	6,9±0,06	1,9±0,00	1,2±0,09	1,1±0,01	5,6±0,06	13,8±1,45	25,3±0,64
II – 5	1,8±0,08	4,5±0,15	1,4±0,02	0,7±0,09	1,6±0,03	3,8±0,15	10,3±0,34	20,5±0,73
II – 6	4,0±0,00	6,8±0,12	1,6±0,03	0,9±0,09	1,1±0,03	2,9±0,12	5,9±0,37	35,3±0,88
II – 7	7,9±0,2	4,4±0,09	1,8±0,00	1,0±0,17	1,1±0,00	5,3±0,27	4,0±0,58	20,3±0,3
II – 8	3,4±0,30	6,2±0,06	1,5±0,01	1,7±0,17	0,9±0,04	5,6±0,28	21,0±0,58	18,3±0,33
III – 1	3,4±0,20	5,1±0,17	2,5±0,02	2,6±0,09	1,2±0,02	3,1±0,09	110±17,32	17,0±0,58
III – 2	1,2±0,23	9,0±0,15	1,4±0,18	2,1±0,03	0,7±0,03	1,8±0,03	55±1,89	22,3±0,33
III – 3	3,3±0,29	3,7±0,32	1,4±0,18	3,0±0,03	0,7±0,03	2,9±0,26	90,0±5,77	19,0±1,73
III – 4	2,9±0,38	4,5±0,5	1,9±0,05	3,6±0,21	1,6±0,06	3,1±0,26	100±5,77	16,3±0,33
III – 5	3,7±0,29	9,4±0,18	2,9±0,02	3,1±0,15	1,2±0,12	4,1±0,15	185±2,89	35,6±2,82
III – 6	4,2±0,35	4,0±0,35	3,4±0,15	2,5±0,45	0,8±0,05	4,6±0,46	162±3,46	22,3±1,45
III – 7	2,6±0,09	5,1±0,26	1,6±0,06	2,1±0,12	0,9±0,08	3,1±0,17	90,0±5,77	45,0±1,15
III – 8	1,9±0,15	9,4±0,81	3,1±0,15	2,4±0,12	0,9±0,06	4,6±0,32	99,0±6,35	27,5±3,18

Примітки: * I – дані на 15-й день, II – дані на 30-й день, III – дані на 60-й день; 1 – контроль; 2 – СПВ 300 л/га; 3 – СПВ 600 л/га; 4 – СПВ 900 л/га; 5 – СПВ 1200 л/га; 6 – СПВ 2400 л/га; 7 – СПВ 4800 л/га; 8 – $N_{50}P_{50}K_{50}$.

5. Чисельність нітрофікаторів та денітрофікаторів у ґрунті, кількість клітин в 1 грамі абсолютно сухого ґрунту (літній відбір, середнє за 2016–2021 рр., млн КУО/г ґрунту)

Варіант досліду	Коефіцієнт вологості	Аеробні кліткоруйнівні м/о, тис.	Нітрифікатори, тис	Денітрифікатори, млн	Потенційна азотфіксуюча активність, мг азоту на 1 г абсолютно сухого ґрунту за год.	Індекс педотрофності.
I – 1	1.1	170,0±0,00	149,0±0,22	0,6±0,01	1.1	9.1
I – 2	1.0	180,0±0,00	20,5±0,50	0,3±0,03	1.4	7.2
I – 3	1.2	195,0±0,00	215,0±4,80	0,5±0,01	1.9	3.2
I – 4	1.3	162,5±0,65	326,4±4,70	0,6± 0,01	1.8	3.6
I – 5	1.1	110,0±11,00	730,4±8,80	0,3±0,01	1.0	2.4
I – 6	1.1	175,0±5,00	56,3±4,00	0,5±0,03	1.6	1.1
I – 7	1.0	100,0±8,55	39,6±0,00	0,4±0,03	1.1	1.0
I – 8	1.1	126,5±0,65	87,45±6,05	0,4±0,01	0.8	1.9
II – 1	1.0	70,0±11,55	21,3±0,88	0,9±0,04	1.3	1.8
II – 2	1.1	88,0±0,00	67,7±4,45	0,6±0,00	3.9	2.2
II – 3	1.0	331±6,67	38,5±0,64	0,2±0,02	3.6	2.8
II – 4	1.1	110,0±11,0	50,7±3,53	0,5±0,12	2.6	1.9
II – 5	1.1	168,0±9,70	37,4±0,64	0,8±0,01	2.3	2.5
II – 6	1.1	106,0±9,70	81,5±4,50	0,4±0,01	2.8	1.2
II – 7	1.0	106,0±9,70	100,1±1,10	0,2±0,05	2.5	0.5
II – 8	1.0	106,0±3,33	148,3±0,88	0,13±0,01	1.8	1.8
III – 1	1.0	170,0±0,00	57,00±1,00	1,1±0,01	0.8	1.5
III – 2	1.0	115,0±2,89	62,5±1,50	0,5±0,02	5.7	3.3
III – 3	1.0	950±2,89	22,9±1,00	1,3±0,01	4.9	1.4
III – 4	1.0	130,3±8,40	87,0±2,00	1,3±0,03	5.8	1.3
III – 5	1.2	60,0±5,77	124,8±4,80	1,5±0,02	9.0	2.5
III – 6	1.0	65,00±8,66	253,0±3,00	1,5±0,01	4.1	2.1
III – 7	1.0	65,00±8,66	123,5±15,5	1,6±0,13	2.5	1.9
III – 8	1.1	38,50±5,50	150,2±3,85	1,1±0,07	1.3	4.9

Згідно з одержаними результатами досліджень встановлено (табл. 2–5), що у ґрунтових зразках чисельність усіх груп мікроорганізмів коливається не тільки залежно від дози внесення СПВ, але і від її післядії. Загальна чисельність бактерій у ґрунті підвищується при використанні СПВ (до 13,4 млн при нормі 900 л/га) відразу після її внесення. Післядія СПВ у дозі 2400 та 4800 л/га (літній відбір зразків) зберігається протягом двох місяців на відміну від мінеральних добрив. Таку ж залежність можна спостерігати і для інших груп ґрунтової мікрофлори. Кількість педотрофних та олігонітрофільних мікроорганізмів зростає відповідно до підвищення норм внесення СПВ. Найбільшу активність для педотрофних мікроорганізмів мають СПВ у дозі від 300 до 900 л/га (30,2; 29,4 та 17,1 млн відповідно), а для олігонітрофільних – 900–1200 л/га (5,4 та 6,0 млн відповідно).

У біологічному кругообігу поживних речовин, зокрема азоту, відіграють важливу роль амоніфікатори та азотфіксатори. Кількість амоніфікуючих та азотфіксуючих бактерій при використанні СПВ збільшується відразу після внесення, потім протягом наступних місяців їх чисельність зменшується до рівня контролю. Використання високих доз СПВ (4800 л/га) призводить до зменшення цих груп бактерій. Потрібно зазначити, що у пробах, які відбирали в літній період порівняно з весняним відбором проб, знижена чисельність практично всіх груп мікроорганізмів. Проте рівень потенційної азотофіксації в літніх зразках збільшувався.

Серед показників ґрунту, які підтверджують дані про мікробіологічну активність, є ферментативна активність [17–20]. Під час проведення польових дослідів за всі роки досліджень ми визначали ферментативну активність ґрунту як після внесення різних доз СПВ і гербіцидів, так і після окремих культур. Експериментально отримані дані наведені в таблиці 6.

6. Ферментативна активність ґрунту після обробки посівів СПВ (середнє за 2016–2021 рр.)

Варіанти	Озима пшениця	Кукурудза
Контроль (без обробки)		
Поліфенолоксидаза	5,6	5,3
Пероксидаза	4,1	3,9
Каталаза	6,5	5,2
Уреаза	12,1	14,3
Обробка СПВ, 100% конц., 400 л/ га		
Поліфенолоксидаза	5,8	5,7
Пероксидаза	3,9	3,8
Каталаза	6,8	5,4
Уреаза	11,9	14,5

Обробка гербіцидом дезормон, 2,5 л/ га		
Поліфенолоксидаза	4,0	3,8
Пероксидаза	2,9	2,5
Каталаза	4,9	4,2
Уреаза	9,9	11,3
НІР 0,05	0.8	0.6

Аналіз даних таблиці 6 свідчить про те, що застосування СПВ на відміну від гербіциду Дезормон не змінює загальну біологічну активність ґрунту. Активність таких ферментів, як поліфенолоксидаза, пероксидаза, каталаза та уреаза при використанні СПВ не відрізняється від контролю, а на деяких варіантах навіть вище.

Висновки

1. У результаті вивчення основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів встановлено, що використання супутньо-пластової води в дозі 1200 л/га сприяє збільшенню вмісту поживних речовин у ґрунті для різних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, зменшенню швидкості розкладання гумусу і створенню сприятливих умов для розвитку ґрунтових мікроорганізмів.

2. Кількість амоніфікуючих та азотфіксуючих бактерій при використанні СПВ у дозі 1200 л/га збільшується відразу після внесення, потім протягом наступних місяців їх чисельність зменшується до рівня контролю. Використання високих доз СПВ (4800 л/га) призводить до зменшення цих груп бактерій. Найбільшу активність для педотрофних мікроорганізмів мають СПВ у дозі від 300 л/га до 900 л/га (30,2; 29,4 та 17,1 млн відповідно), а для олігонітрофільних – 900–1200 л/га (5,4 та 6,0 млн відповідно).

3. Встановлено, що застосування СПВ на відміну від гербіциду Дезормон не змінює загальну біологічну активність ґрунту. Активність таких ферментів, як поліфенолоксидаза, пероксидаза, каталаза та уреаза при використанні СПВ не відрізняється від контролю, а на деяких варіантах навіть вище.

Отже, використання супутньо-пластової води в дозі 1200 л/га може бути застосовано як екологобезпечне добриво в органічному землеробстві, що сприятиме покращенню ґрунтово-біологічних показників ґрунту.

Перспективи подальших досліджень. У подальшому передбачається поглиблення вивчення використання екологобезпечних добрив у органічному землеробстві, зокрема комплексне використання супутньо-пластової води (СПВ) та пробіотичних препаратів.

References

1. Pysarenko, P. V., Samoilik, M. S., Dychenko, O. Y., Ts'ovaY. A., Bezsonova, V. A., & Liskonog, K. M. (2021). Studying fungicidal properties of mineralized stratum water on millet areas. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 196-202. doi: 10.31210/visnyk2021.01.24

2. Borko, Yu. P., Patyka, M. V., & Kolodiazhnyi, O. Yu. (2016). Microbial conenoses of chernozem typical of biological and intensive farming systems. *Agriculture*, 1, 58–63.

3. Pysarenko, P. V., Samoilik, M. S., Dychenko, O. Y., Sereda, M. S., & Poghosyan, A. A. (2021). Medical, biological and toxicological assessment of using bio-preparations in arable farming. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 187–195. doi: 10.31210/visnyk2021.01.23

4. Lazcano, C., Gómez-Brandón, M., Revilla, P., & Domínguez, J. (2013). Short-term effects of organic and inorganic fertilizers on soil microbial community structure and function. *Biology and Fertility of Soils*, 49 (6), 723–733.

5. Li, X., Rui, J., & Mao, Y. (2014). Dynamics of the bacterial community structure in the rhizosphere of a maize cultivar. *Soil Biology and Biochemistry*, 68, 392–401.

6. Horobets, M., Chaika, T., Korotkova, I., Pysarenko, P., Mishchenko, O., Shevnikov, M., & Lotysh, I. (2021). Influence of growth stimulants on photosynthetic activity of spring barley (Hordeum vulgare L.) crops. *International Journal of Botany Studies*, 6 (2), 340–345.

7. Liuta, V. A., & Kononov, O. V. (2018). *Praktykum z mikrobiolohii*: navchalnyi posibnyk. Kyiv: Vseukrainske spetsializovane vydavnytstvo «Medytsyna». [In Ukrainian].

8. Titova, V. I., & Kozlov, A. V. (2012). *Metody ocenki funkcionirovaniya mikrobocenoza pochvy, uchastvuyushego v transformacii organicheskogo veshestva: nauchno metodicheskoe posobie*. Nizhnij Novgorod. [In Russian]

9. Iutynska, H. O. (2017). Mikrobni biotekhnolohii dlia realizatsii novoi hlobalnoi prohramy zabezpechennia staloho rozvytku ahrosfery Ukrainy. *Ahroekolohichnyi Zhurnal*, 2, 149–155. [In Ukrainian].

10. Romero-Olivares, A. L., Allison, S. D., & Treseder, K. K. (2017). Soil microbes and their response to experimental warming over time: A meta-analysis of field studies. *Soil Biology and Biochemistry*, 107, 32–40. doi: 10.1016/j.soilbio.2016.12.026

11. Haziev, F. H. (1976). *Fermentativnaya aktivnost pochv*. Moskva: Nauka [In Russian]

12. Zvyaginceva, D. G. (1989). *Mikroorganizmy i ohrana pochv: monografiya*. Moskva: MGU [In Russian]

13 Filon, V. I., Kazakov, V. O., & Olkhovskyi, H. F. (2017). *Metodyka ahrokhimichnykh doslidzhen*: navchalnyi posibnyk. Kharkiv [In Ukrainian].

14. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh danykh v paketi Statistica 6.0:* metodychni vkazivky. Kyiv: PolihrafKonsaltynh [In Ukrainian]

15. Karlsson, I., Friberg, H., Kolseth, A.-K., Steinberg, C., & Persson, P. (2017). Agricultural factors affecting Fusarium communities in wheat kernels. International *Journal of Food Microbiology*, 252, 53–60. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.04.011

16. Barriuso, J., Solano, B. R., & Gutiérrez Mañero, F. J. (2008). Protection Against Pathogen and Salt Stress by Four Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Isolated from Pinus sp. on Arabidopsis thaliana. *Phytopathology*®, 98 (6), 666–672. doi: 10.1094/phyto-98-6-0666

17. Borovykova, H. S., Draha, M. V., & Taran, N. Iu.(1998). Vplyv rehuliatoriv rostu na vrozhainist i yakist ozymoi pshenytsi ta zmenshennia pestytsydnoho navantazhennia na uhiddia. *Elementy rehuliatsii v roslynnytstvi*. Kyiv: VVP Kompas. [In Ukrainian]

18. Patyka, M. V., Kolodiazhnyi, O. Iu., & Ibatullin, I. I. (2017). Osoblyvosti formuvannia prostorovo-funktsionalnoi struktury mikrobnoho biomu gruntu ta yoho aktyvnist za transformatsii roslynnykh reshtok. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*, 79 (5), 91–104. [In Ukrainian]

19. Patyka, V. P., & Pasichnyk, L. A. (2014). *Fitopatohenni bakterii v systemi suchasnoho silskoho hospodarstva. Mikrobiolohichnyi Zhurnal*, 76 (1), 21–26. [In Ukrainian]

20. Porto de Souza Vandenberghe, L., Marcela Blandon Garcia, L., Rodrigues, C., Cândido Camara, M., & Vinícius de Melo Pereira, G. (2017). Potential applications of plant probiotic microorganisms in agriculture and forestry. *AIMS Microbiology*, 3 (3), 629–648. doi: 10.3934/microbiol.2017.3.629

Стаття надійшла до редакції: 19.03.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Тараненко А. О., Галицька М. А., Німець О. М. Агроекологічні особливості дії природних розсолів та мінералів на ґрунтові мікроорганізми. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 157–164.

© Писаренко Павло Вікторович, Самойлік Марина Сергіївна, Диченко Оксана Юріївна, Тараненко Анна Олексіївна, Галицька Марина Анатоліївна, Німець Олег Миколайович, 2022

Agriculture. Ecology
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 351.777.613:502.174](477.53) | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.20**

POSSIBILITIES OF USING GEO-INFORMATIONAL SYSTEMS AND REMOTE LAND SOUNDING TECHNOLOGIES IN ENVIRONMENTAL MONITORING OF MAKUKHIVKA DUMP IN POLTAVA REGION

S. Shevchuk[1]* ORCID 0000-0002-8155-8326
O. Pudenko[2]

[1] Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody Str., Poltava, 36003, Ukraine
[2] Poltava Lyceum named after A. S. Makarenko, 1, Makarenko Str., Kovalivka, 38701, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: serhii.shevchuk@pdaa.edu.ua

How to Cite

Shevchuk, S., & Pudenko, O. (2022). Possibilities of using geo-informational systems and remote land sounding technologies in environmental monitoring of Makukhivka dump in Poltava region. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 165–174. doi: 10.31210/visnyk2022.02.20

Makukhivka dump has been functioning since 1953. According to the methods of audit assessment of the environmental danger of municipal solid waste (MSW) grounds and dumps, this object has exhausted all possible resources, is overloaded, and belongs to the group of extremely dangerous. Unsatisfactory condition of the natural complex in the dump's zone is connected with the fact that the place of waste disposal does not correspond to the sanitary and hygienic standards, it has no filtration screen, filtrate purification and removal system; it has been operated without using preventive and reliable measures for groundwater isolation. The use of geo-informational systems (GIS) and remote land sounding (RLS) methods allowed to monitor the dump's territory with implementing the following stages: distinguishing the territory; spectral characteristics of natural objects; establishing the biggest differences and classification of the dump's surface images; conducting different time comparison of the received raster pictures and composing thematic maps and diagrams of the dump's effect on the environment; finding out the ground's increase in the area and the lack of correspondence between the satellite photographs and the data of regulatory documents; establishing the dependence of fires starting on the dump's territory upon the concentration of the dump gases in the atmosphere. To assess the ecological condition of Makukhivka dump, the GIS functional cross-platform was applied, namely, Quantum GIS (QGIS) 3.16., and its supplements: Dzetsaka; MapSwipeTool; QvickMapServices. The photographs of low and medium distribution capacity from 10 to 30 m were analyzed as well as multi-spectral ones (up to 12 channels depending on the year of receiving), and those got from satellites:Sentinel 2 L2A of July 15,2021 with using channels 12, 11, 8; Landsat 8 L2 of June 14, 2013 (channels 2,3,4, and 5); Landsat 4-5 TM L2 of July 12, 2000 (channels 1,2,3); Sentinel 5P. The studies of Makukhivka dump as a result of human anthropogenic activity were presented in the paper. The attempt was made to evaluate several characteristics of the MSW ground by means of GIS and RLS, and substantiate measures to increase environmental security in the zone of the dump's impact. The research results present the conducted environmental assessment of Makukhivka dump territory taking into account constant and emergency environmental risks; the comparative analysis of the ground's characteristics was made (total area, the peculiarities of soil-plant cover, some indicators of atmospheric air) using RLS means during the period from 2000 to 2021; the measures aimed at decreasing the level of the dump's environmental danger were proposed.

Key words: *municipal solid waste ground, Makukhivka dump, environmental monitoring, remote land sounding, geo-informational systems and technologies.*

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ГІС ТА ДЗЗ ПРИ ЕКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ МАКУХІВСЬКОГО СМІТТЄЗВАЛИЩА В ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

С. М. Шевчук[1] **,** ***О. Р. Пуденко***[2]
[1] Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна
[2] Полтавський ліцей імені А. С. Макаренка, с. Ковалівка, Полтавська область, Україна

Макухівське сміттєзвалище функціонує з 1953 р. За методиками аудиторської оцінки екологічної небезпеки полігонів та звалищ твердих побутових відходів цей об'єкт вичерпав усі можливі ресурси і є перевантаженим, належить до групи надзвичайно небезпечних. Незадовільний стан природного комплексу в зоні впливу сміттєзвалища пов'язаний з тим, що місце видалення відходів не відповідає санітарно-гігієнічним нормам, не має фільтраційного екрану, системи очищення та відводу фільтрату, експлуатується без застосування превентивних і надійних заходів ізоляції підземних вод. Використання методів геоінформаційних систем (ГІС) та дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) дало змогу здійснити моніторинг території звалища з реалізацією таких етапів: розрізнення території; спектральна характеристика природних об'єктів; з'ясування найбільших відмінностей і класифікації зображень поверхні полігону; проведення різночасового порівняння отриманих растрів та побудови тематичних карт і графіків упливу полігону на довкілля; виявлення зростання площі полігону та невідповідності супутникових знімків із даними нормативних документів; встановлення залежності пожеж, що виникають на території звалища, від концентрацій звалищних газів в атмосфері. Для оцінки екологічного стану Макухівського сміттєзвалища було застосовано функціональну крос-платформу ГІС, а саме – Quantum GIS (QGIS) 3.16. та її додатки: dzetsaka; MapSwipeTool; QvickMapServices. Були проаналізовані знімки низької та середньої розподільчої здатності від 10 до 30 м, мультиспектральні (до 12 каналів залежно від року отримання), отримані із супутників: Sentinel 2 L2A за 15 липня 2021 р. з використанням каналів 12, 11, 8; Landsat 8 L2 за 14 червня 2013 (канали – 2, 3, 4, 5); Landsat 4-5 TM L2 за 12 липня 2000 р. (канали – 1, 2, 3); Sentinel 5P. У роботі представлені дослідження Макухівського сміттєзвалища як результату антропогенної діяльності людини, зроблено спробу оцінити деякі характеристики полігону твердих побутових відходів засобами ГІС та ДЗЗ, обґрунтувати заходи із підвищення екологічної безпеки в зоні впливу сміттєзвалища. Результати дослідження полягають у проведеній екологічній оцінці території Макухівського сміттєзвалища з огляду на постійні та аварійні екологічні ризики; виконано порівняльний аналіз характеристик полігону (загальна площа, особливості ґрунтово-рослинного покриву, деякі показники атмосферного повітря) засобами ДЗЗ за період з 2000 по 2021 р.; запропоновано заходи щодо зниження рівня екологічної небезпеки сміттєзвалища.

Ключові слова: *полігон твердих побутових відходів, Макухівське сміттєзвалище, екологічний моніторинг, дистанційне зондування Землі, геоінформаційні системи та технології.*

Вступ

Однією із екологічних проблем Полтавської області є погіршення якості довкілля, нераціональне та небезпечне поводження з твердими побутовими відходами. У Полтавській області щорічно утворюється близько 3 млн м^3 твердих побутових відходів (ТПВ).

Місця захоронення твердих побутових відходів є земельними угіддями, вилученими із сільськогосподарського обігу. За даними Екологічного паспорту Полтавської області станом на 01.01.2020 р. в області налічували понад 530 звалищ, під які вилучено 439,95 га землі [1]. Станом на 01.01.2021 р. в Полтавській області функціонувало 771 місце захоронення/видалення полігонів твердих побутових відходів (ПТПВ) [2]. Згідно з даними Головного управління Держгеокадастру в Полтавській області, 2018 р. втрачено 0,025 тис. га земель сільськогосподарських угідь [3], які потребують значних капіталовкладень з метою рекультивації та відновлення. Значна частина цих земель знаходиться під ПТПВ.

За даними Управління житлово-комунального господарства Полтавської ОДА, станом на 01.01.2021 р. 200 полігонів із 537 не відповідають нормам. Наявні полігони експлуатуються без необхідного інженерного забезпечення, постійних моніторингових досліджень їх впливу на природу та стан здоров'я населення, що проживає в безпосередній близькості [2].

Макухівське сміттєзвалище є найбільшим полігоном побутових відходів у Полтавській області, що створює високий ступінь ризику для здоров'я населення, яке мешкає поблизу. Потребує об'єктивної оцінки і стан екологічної безпеки цієї території. Традиційні методи отримання інформації про техногенні об'єкти є мало оперативними і об'ємними. Саме тому застосування геоінформаційних систем (ГІС) та методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), сучасних програмних засобів обробки інформації дає змогу в короткі терміни отримати інформацію, проаналізувати її та спрогнозувати можливі наслідки.

Аналіз досліджуваної проблеми свідчить, що різні її аспекти, починаючи від доцільності використання дистанційних методів для обґрунтування місця розташування нового ПТПВ, закінчуючи упровадженням цих же методів для моніторингу стану полігонів, вивчення їх упливу на навколишні території, а також обґрунтування подальших заходів із відновлення і рекультивації висвітлені у роботах вітчизняних та зарубіжних авторів [4–12].

Мета дослідження – оцінка характеристик Макухівського ПТПВ засобами ГІС та ДЗЗ і обґрунтування заходів із підвищення екологічної безпеки в зоні впливу сміттєзвалища.

Завдання дослідження: провести аналітичну оцінку можливостей використання технологій ГІС та ДЗЗ при екологічному моніторингу території звалища.

Матеріали і методи досліджень

Нині в Україні відсутня система ефективного поводження з промисловими і побутовими відходами, тому існує загроза зростання обсягів їх накопичення (на 7,2 млрд т або 20–25 % до 2030 р.) і збільшення площі території, необхідної для їх складування [13]. Так, за звітами Міністерства розвитку громад та територій України, за 2020 р. було акумульовано понад 54 млн м^3, або понад 10 млн т., що захоронені на шести тисячах українських сміттєзвалищ та полігонах загальною площею 9 тисяч га.

Найкращим вирішенням означених проблем є застосування засобів сучасних технологій одержання даних – використання ГІС та ДЗЗ. Така система моніторингу в майбутньому забезпечить організацію необхідних інформаційних потоків і поліпшить спостереження за основними процесами та явищами у географічній оболонці над потенційно небезпечними об'єктами [14]. За їх допомогою можна виявити критичні ситуації та фактори впливу і найбільш чутливі до них елементи геосистеми. Під час здійснення моніторингу є можливість отримати дані як про абіотичний складник середовища, так і про стан біоти, а також отримати інформацію про функціонування екосистем і спрогнозувати її реакції на можливі збурення [15].

Практична реалізація таких спостережень базується на архіві космічних знімків оптичного та інфрачервоних діапазонів, векторних та растрових електронних топографічних карт масштабного ряду до 1 : 100000, картографічного програмного забезпечення на зразок ArcGIS ESRI. Під час дослідження території Макухівського ПТПВ було застосовано функціональну крос-платформу ГІС – Quantum GIS (QGIS) 3.16.

Для виконання завдань залучені космічні знімки низької та середньої просторової розрізненості від 10 до 30 м і мультиспектральні (до 12 каналів залежно від року отримання).

Моніторинг полягав у реалізації таких етапів:

– розрізнення – підбір та деталізація наявних топографічних карт, створення за їхньою допомогою перших растрових шарів у координатних системах. Використано плагін QvickMapServices, застосовано інтернет-сервіси TMS та WMS і тайли XYZ;

– спектральна характеристика – створення растрових шарів полігону у природних кольорах. Застосовано плагін MapSwipeTool як інструмент гортання активних шарів проєкту з метою попереднього їхнього порівняння і виявлення змін та відмінностей;

– вибір найбільших відмінностей – текстурних (загальні зміни поверхні території полігону) та яскравісних (зміни альбедо);

– класифікація зображень поверхні полігону проведена плагіном Dzetsaka за ступенем антропогенного навантаження та різними типами рослинно-ґрунтового покриву;

– різночасове порівняння отриманих растрів;

– побудова тематичних карт впливу полігону на довкілля.

Використання технологій ГІС та ДЗЗ дозволяє відслідковувати ретроспективні зміни екологічних компонентів території звалища, виявляти та прогнозувати можливі надзвичайні ситуації. Оцінка зміни

площі території, рівня антропогенного навантаження, характеристики ґрунтово-рослинного покриву та розрахунок індексу NDVI відбувались шляхом порівняння знімків супутників Landsat 4-5 TM L2 за 12 липня 2000 р. (канали 1, 2, 3, 4); Landsat 8 L2 за 14 червня 2013 р. (канали 2, 3, 4, 5); Sentinel 2 L2A за 15 липня 2021 р. з використанням каналів 12, 11, 8, 4, 3, 2. Для оцінки концентрації метану та оксиду карбону над територією звалища застосовано дані супутника Sentinel 5P із 2018 по 2021 р.

Результати досліджень та їх обговорення

Макухівський ПТПВ – типовий приклад сучасної антропогенної діяльності, найбільше у Полтавській області сміттєзвалище. Варто зазначити, що офіційно це не полігон, а саме сміттєзвалище, оскільки жодної проєктної документації та архівних даних щодо його використання немає. Макухівське сміттєзвалище виникло стихійно на місці вибірки піщаної гори спочатку як міське звалище промислових відходів полтавських заводів ГРЛ та ПТРЗ, а згодом – і побутових відходів. Офіційно використовується з 1953 р. Відповідно до Закону України «Про відходи», ПТПВ мають бути спеціальними спорудами, призначеними для ізоляції і знешкодження комунального сміття, що насамперед мають гарантувати санітарно-епідеміологічну безпеку населення. На полігонах повинна забезпечуватися статична стійкість відходів з урахуванням динаміки ущільнення, мінералізації, газовиділення, максимального навантаження на одиницю площі, можливості раціонального використання ділянки після закриття полігону [16]. Комплекс факторів негативного впливу, які здійснюють ПТПВ на довкілля, включає: забруднення поверхневого стоку; забруднення ґрунтів; забруднення порід зони ненасиченої фільтрації і ґрунтових водоносних горизонтів; виділення токсичних газів, які забруднюють приземний шар атмосфери, негативно впливаючи на стан біосфери та безпеку життєдіяльності людини.

Згідно з «Державним актом на право постійного користування земельною ділянкою II – ПЛ № 003481» від 02.01.1996 р. та встановлених меж у натурі, територія Макухівського сміттєзвалища повинна становити 17,4 гектара, але на початок 2019 р. площа зросла до 25 гектарів і продовжує збільшуватись. Звалище вичерпало свій ресурс понад 10 років тому та не відповідає санітарним нормам. При нормі навантаження 10 тонн і проєктній висоті 20 метрів, фактичне навантаження становить 45 тонн на м^2 при висоті 45 метрів. 2014 р. сюди було вивезено 770 тисяч тонн побутових відходів, 33 % з яких є органічною вторинною сировиною [17].

Село Макухівка розташоване на відстані 300 метрів на північ від звалища, що також є порушенням «Закону про відходи», адже відстань до найближчого населеного пункту має бути не менше ніж 500 метрів за умови виконання всіх превентивних дій. Сміттєзвалище розміщене на лівому березі р. Коломак, в місці, де вона впадає в р. Ворскла. У геоморфологічному відношенні – знаходиться в межах II–III надзаплавних терас р. Ворскли. Це переважно сучасні та середньо-верхочетвертинні відклади, представлені різнозернистими пісками, суглинками та супісками. Ці відклади вміщують водоносні горизонти. Глибина залягання ґрунтових вод коливається від 3,5 до 16,5 метрів. Потік підземних вод спрямований у південному та південно-західному напрямку до основних річкових артерій – Дніпра та його притоки Ворскли, де і відбувається розвантаження водоносних горизонтів у зоні активного водообміну. Оскільки тут відсутні глинисті товщі, то ґрунтові води мають гідравлічний зв'язок з поверхневими та відносяться до незахищених. Забруднення водоносних горизонтів відбувається через потрапляння шкідливих речовин під час інфільтрації атмосферних опадів через комунальні відходи за відсутності донного екрану. Характер інфільтрації є постійним [18].

При визначенні якості питної води по вул. Озерна у с. Макухівка було встановлено: забарвленість питної води перевищує гранично допустимі показники відповідно до ГОСТУ 3351-74 на 5^0; вміст заліза у 2,5 раза перевищує допустиму норму (відповідно до ГОСТУ 4011-72); через годину вода стає темно-сірого кольору та має неприємний запах. Забруднення ґрунтів у районі звалища перевищує нормативні значення за показниками ГДК у 2,5–10 разів, забруднення важкими металами – у 10–30 разів. За бактеріологічними показниками досліджені проби води та ґрунтів у 76 % випадків відносяться до забруднених та дуже забруднених [19].

Від 35 до 40 % відходів, що потрапляють на звалище – це органічні рештки. При анаеробному розкладі вони утворюють суміш газів – біогаз, або так званий «звалищний газ». Емісія біогазу при потраплянні до атмосфери створює як локальні, так і глобальні негативні ефекти. Основним компонентом цієї суміші є метан. Він провокує парниковий ефект, спричиняє забруднення атмосфери прилеглих територій через токсичні домішки, призводить до пожеж.

Отже, за методиками екологічної аудиторської оцінки екологічної небезпеки ПТПВ та вибіркових показників Макухівське сміттєзвалище потрібно вважати надзвичайно небезпечним.

Незадовільний стан гідрогеологічного і суміжних з ним середовищ у зоні впливу пов'язаний з тим, що місце видалення відходів не відповідає санітарно-гігієнічним нормам, не має фільтраційного екрану, системи очищення та відводу фільтрату, експлуатуються без застосування превентивних і надійних заходів ізоляції підземних вод. Як результат, забруднення від полігону твердих побутових відходів має можливість поширюватись у ґрунт стічними, інфільтраційними та підземними водами, адже очисні споруди як фактор попередження забруднення відсутні. Характер інфільтрації є постійним. Ситуація особливо погіршується у весняно-літній період, оскільки із підвищенням температури повітря вплив процесів забруднення на довкілля зростає. Атмосферні опади, просочуючись крізь необроблені відходи, утворюють особливо токсичний інфільтрат, у якому поряд з органічними рештками наявні залізо, ртуть, цинк, свинець та інші метали з консервних бляшанок, батарейок тощо. Це призводить до зниження вмісту розчинного кисню у воді, що є небезпечним для живих організмів; різкого зниження інтенсивності біохімічних процесів та може мати негативний вплив на здоров'я місцевого населення, зокрема населених пунктів Макухівка та Терешки.

Останніми роками розроблено багато підходів до визначення та встановлення можливих наслідків діяльності людини для довкілля. Системний підхід є методологічною базою, що дозволяє вивчати полігеокомпонентні природні системи регіонального та локального рівнів. Ландшафтно-екологічний підхід як варіант системного ґрунтується на основі ландшафтного (горизонтального) та екологічного (вертикального) аналізів. Використання засобів ДЗЗ надає можливість провести спостереження екосистеми та отримати вихідну інформацію, що підлягає картуванню, аналізу та обробці. Так само ГІС та технології дозволяють забезпечити оперативну обробку інформації про дослідний об'єкт: розробити картограми, проаналізувати їх, об'єктивно оцінити стан на певний час і спрогнозувати розвиток досліджуваної території.

Для порівняння було обрано знімки супутників Sentinel 2 L2A за 15 липня 2021 р. та Landsat 4-5 TM L2 за 12 липня 2000 р. У результаті злиття каналів 4, 3, 2 (Sentinel) та 3, 2, 1 (Landsat) було побудовано два растрових шари у природних кольорах. Як видно із рис. 1, основні дешифрувальні ознаки території звалища – текстура та яскравість. Текстура – зрідження деревостану, неоднорідна структура поверхні полігону. Дешифрувальні ознаки яскравості пов'язані зі збільшенням коефіцієнту спектральної яскравості завдяки зміні вологості поверхні Землі та видалення ґрунтово-рослинного покриву. При візуальній оцінці відмічено зростання площі 2021 р. порівняно з 2000 р.

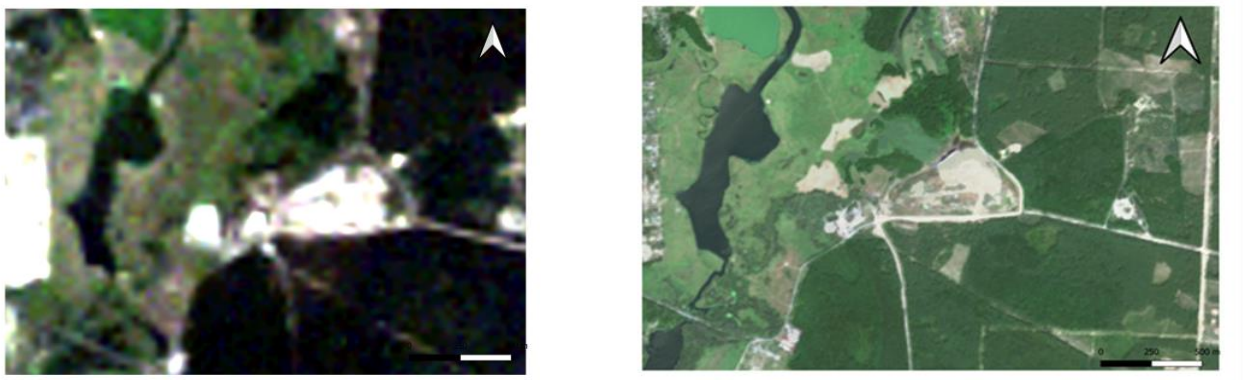


Рис. 1. Територія Макухівського сміттєзвалища станом на 2000 та 2021 рр.

Для встановлення зміни площі техногенно спотворених земель були використані ознаки, пов'язані з варіаціями альбедо та наявністю і станом ґрунтово-рослинного покриву, що впливає на них. З цією метою було створено тематичні растрові шари у штучних кольорах (синтез каналів 4, 3, 2 для Landsat 4-5 TM L2 та 8, 4, 3 для Sentinel 2 L2A) з подальшим нанесенням полігональних векторних шарів. Це допомогло ідентифікувати класи на тематичних шарах та обрахувати максимально урбанізовану територію (рис. 2).

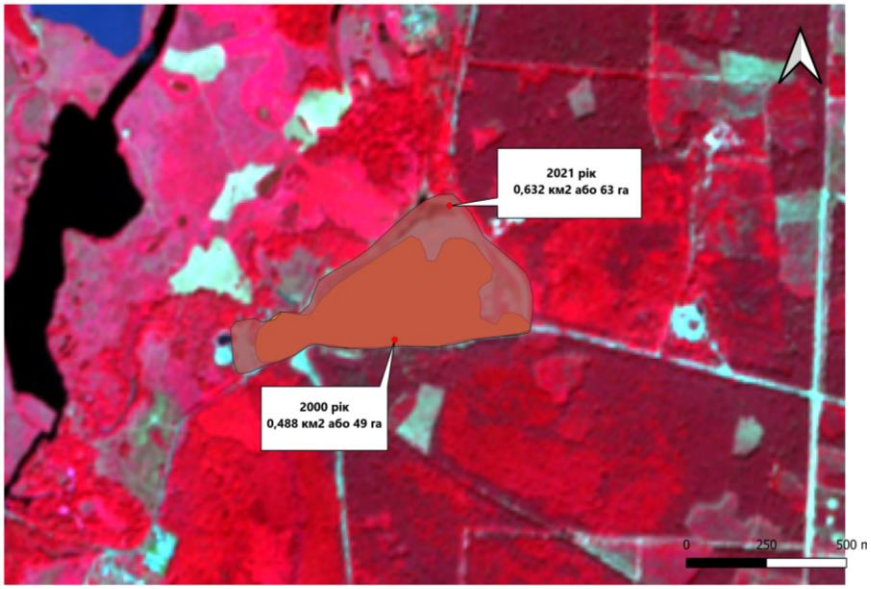


Рис. 2. Порівняння полігонів максимально урбанізованих територій Макухівського сміттєзвалища

Розрахунок площі звалища з використанням програмного забезпечення крос-платформи Quantum GIS, не збігається з офіційними даними. Згідно з «Державним актом на право постійного користування земельною ділянкою II – ПЛ № 003481», ця територія становить лише 25 га, а за нашими результатами станом на 2021 р. – майже 63 га.

Лісові масиви – це складні та динамічні природні системи, межі яких постійно змінюються під впливом факторів навколишнього середовища. Макухівське сміттєзвалище розташоване в межах Чалівського лісового масиву і безпосередньо впливає на місцеву рослинність. Було проведено порівняння ґрунтово-рослинного покриву, що оточує полігон за 2000 та 2021 р. Тематичний растр знімків Sentinel було створено в результаті злиття каналів 11, 8, 4, а для Landsat – 5, 4, 3. Отримані шари обрізані по екстенту карти та класифіковані за допомогою плагіна dzetsaka. Для визначення характеристики ґрунтового покриву було обрано чотири класи (рис. 3, 4).

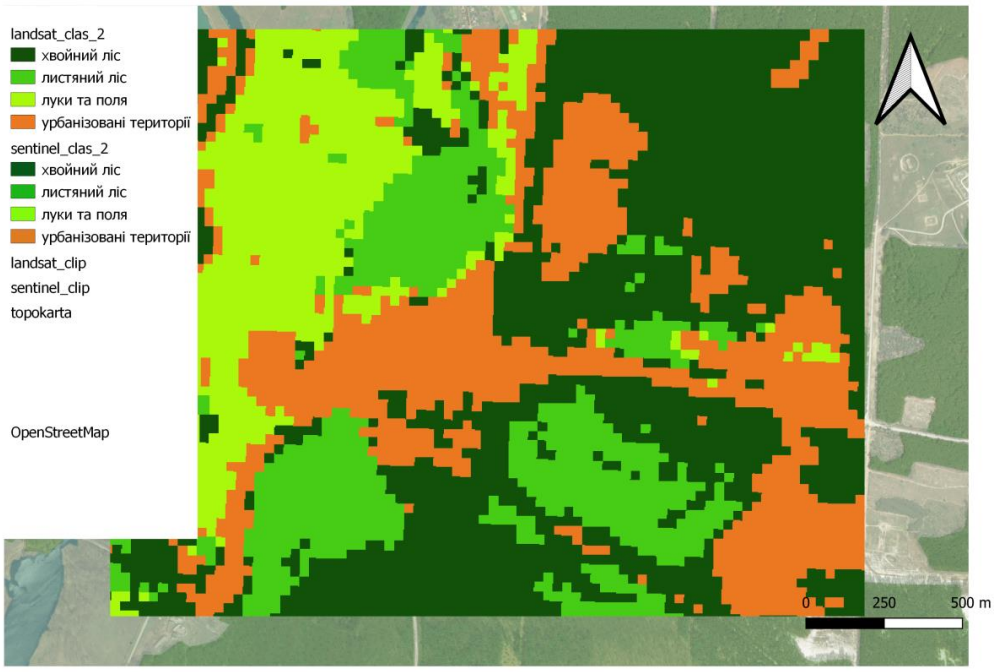


Рис. 3. Рослинний покрив території Макухівського сміттєзвалища, 2000 р.

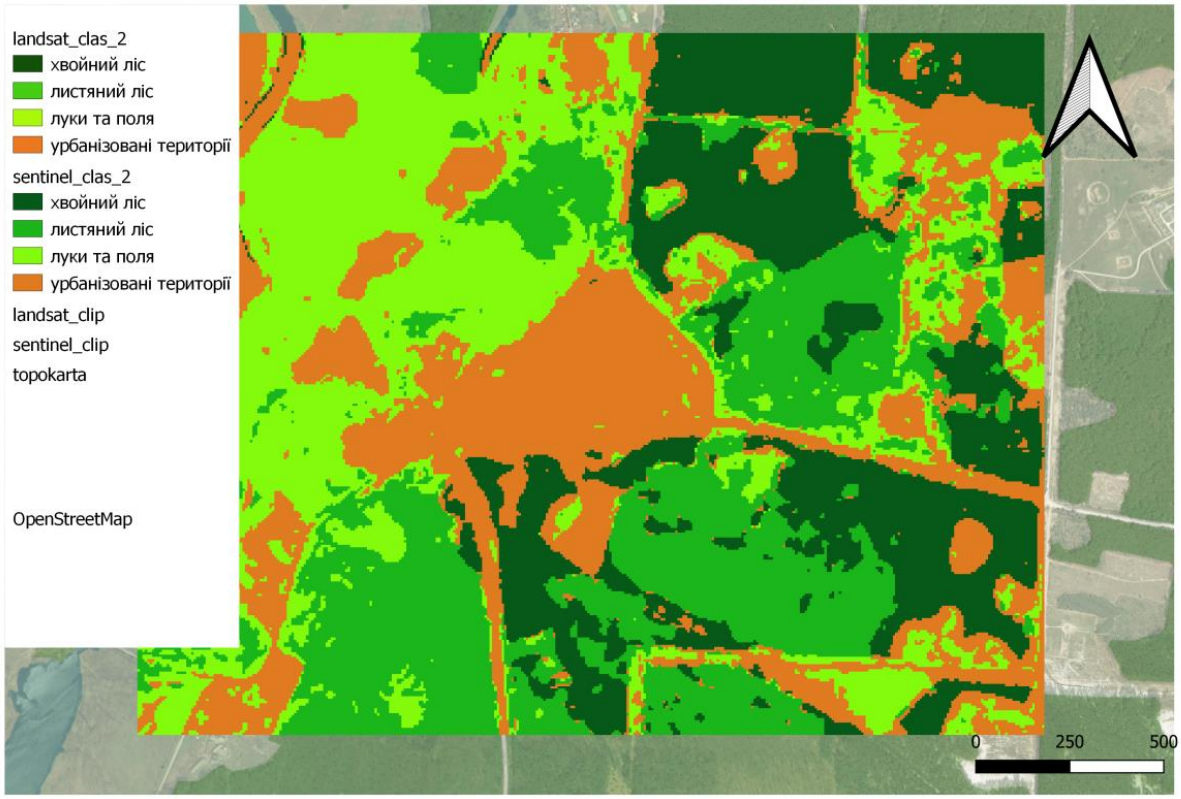


Рис. 4. Рослинний покрив території Макухівського сміттєзвалища, 2021 р.

Спектральна відбивна здатність рослин у різних діапазонах дозволяє за допомогою математичних комбінацій виміряти такі характеристики: кількість біомаси, інтенсивність росту, зміну густоти рослинного покриву. Нормалізований рослинний індекс (NDVI) було прораховано за допомогою растрового калькулятора (з використанням каналів: для Sentinel 2 L2A– 8 та 4 і для Landsat 4-5 TM L2 – 4 та 3) за формулою NDVI = (NIR – Red) / (NIR + Red).

Це дало змогу виявити аномальні зміни в рослинному покриві території звалища. Для визначення ділянок, що зазнали найбільших трансформацій, за допомогою растрового калькулятора було створену карту різниці показників NDVI (рис. 5). Виявлено, що сучасна територія звалища зазнала суттєвої зміни рослинного покриву. Показники, близькі до одиниці, відмічають ділянки з найвищим рівнем падіння вегетаційного індексу 2021 р. відносно 2000 р.

Отже, при порівняльному аналізі знімків було виявлено загальне зменшення площі хвойних лісів, що оточують територію полігону; встановлено, що соснові ліси частково заміщені на листяні; відмічено зростання територій, не вкритих лісовою рослинністю та загальне збільшення урбанізованих земель.

Ці спостереження частково підтверджують таксономічні описи Чалівського лісництва Полтавського лісового господарства. Так, у 52 кварталі, де під час дослідження відмічено найвищий рівень падіння вегетаційного індексу, 2000 р. основна лісоутворююча порода – сосна, а 2021 – сосна звичайна (*Pínus strobus*) зі значними домішками робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia*) та клену татарського (*Acer tataricum*).

Аеробні та анаеробні процеси, які відбуваються у товщі сміття Макухівського сміттєзвалища, призводять до численних загорянь. За даними ДСНС Полтавщини, за останні 6 років полігон горів 69 разів [18]. У результаті горіння до довкілля потрапляє значна кількість токсичних речовин та продуктів неповного згорання. Прогнозування та оцінювання стану атмосфери є важливою частиною екологічного моніторингу території полігону із метою раціонального управління якістю навколишнього середовища.

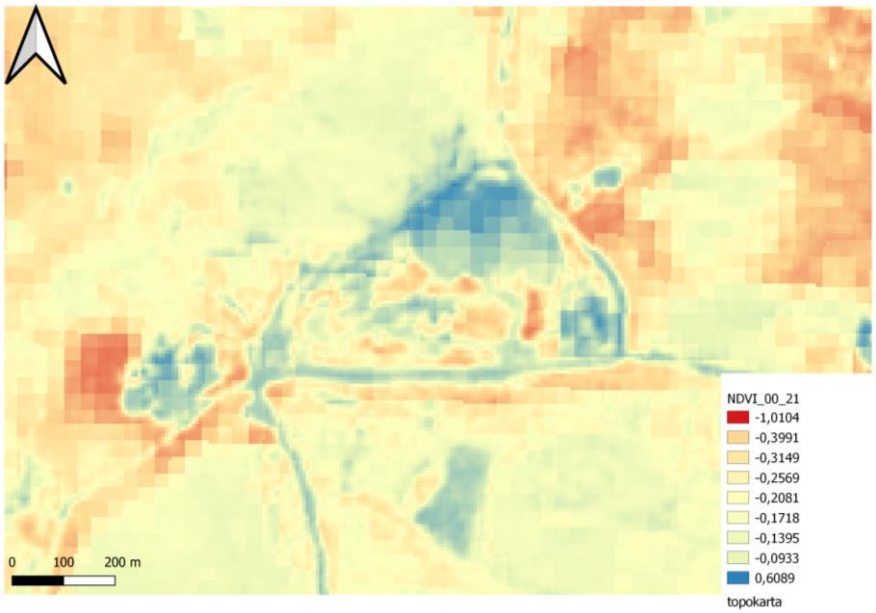


Рис. 5. Порівняльний аналіз індексу NDVI території Макухівського сміттєзвалища за 2000 та 2021 рр.

Аналіз складу повітря за допомогою методів ДЗЗ у режимі реального часу має багато переваг, адже дає можливість оперативно почати ліквідацію джерел або наслідків пожеж та дає змогу дослідити динаміку і провести ранжування змін якості атмосферного повітря [20]. Недоліками такого моніторингу є вплив на індекс якості повітря значної кількості факторів, як-то: час доби, температурний режим, рух повітряних мас та вологість атмосфери.

Для аналізу атмосфери над територією Макухівського сміттєзвалища було обрано показники концентрації метану та оксиду карбону як основних компонентів «звалищного газу». З цією метою застосовано EO browser, супутник Sentinel 5P, опрацьовані дані з 2018 по 2021 рр. (рис 7, 8).

Аналіз дат пожеж (за звітами ДСНС), що характеризувалися значними площами загоряння й інтенсивністю горіння дозволив установити певну залежність із піковими коливаннями показників метану і оксиду карбону в атмосферному повітрі.

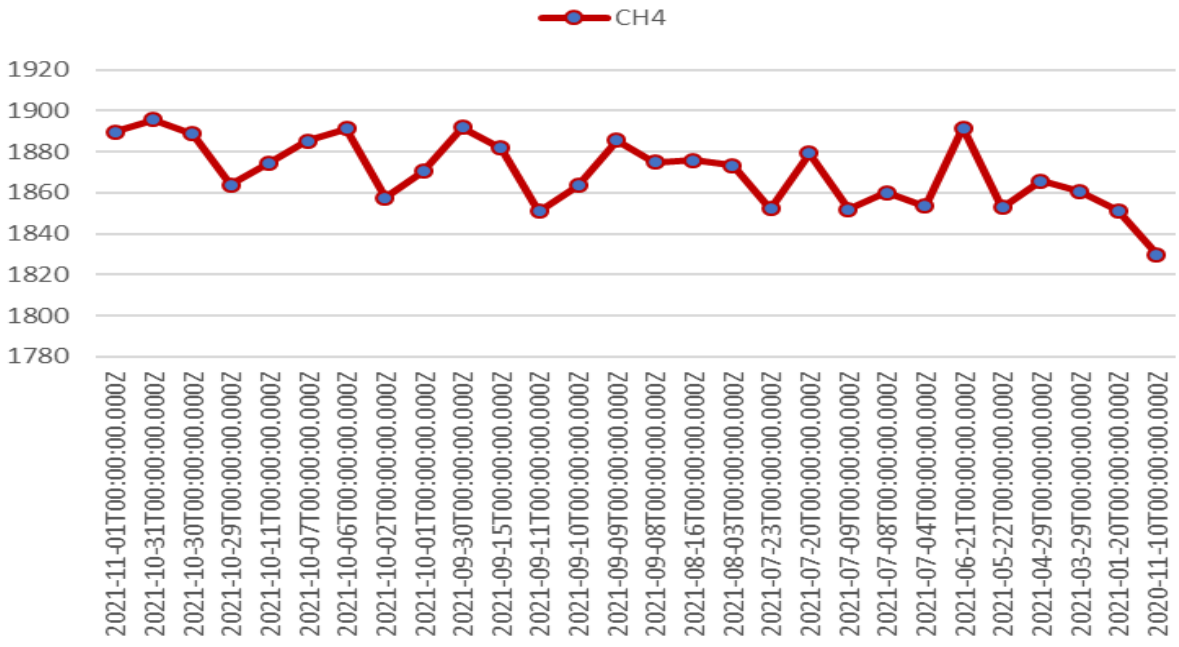


Рис. 7. Максимальні концентрації метану на території Макухісвського сміттєзвалища за 2021 рік

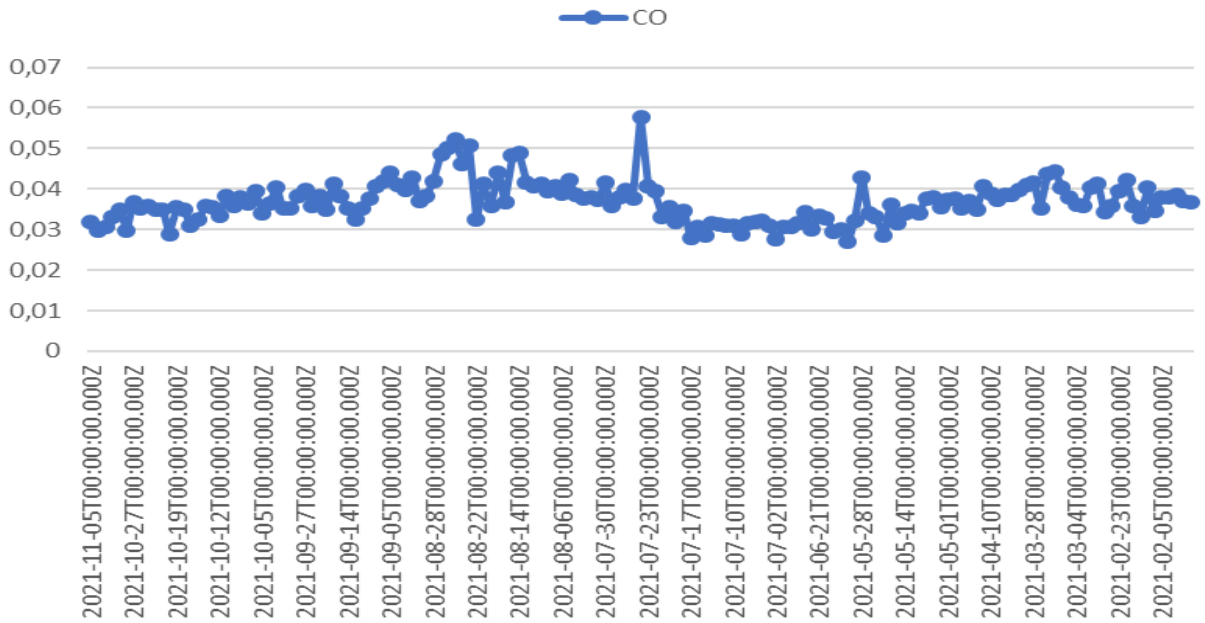


Рис.8 Максимальні концентрації оксид карбону на території Макухісвького сміттєзвалища за 2021 рік

Наприклад, згідно з графіком (рис. 7), 28 березня 2021 р., за десять днів до великої пожежі, що трапилась 7 квітня 2021 р., було зареєстровано зростання концентрації CH4 в атмосфері, а через дві доби – поступове зростання показників CO (рис. 8). Схожу тенденцію вдалося спостерігати у п’яти випадках із десяти пожеж, що відбулися 2021 р. 2020 р. такі збіги було встановлено у чотирьох випадках з шести, 2019 – двічі, а 2018 – один раз. Це можна пояснити тим фактом, що метан та оксид карбону як складники біогазу, що утворюється в нижніх шарах сміттєвих полігонів, під час накопичення спричиняють підвищення температури поверхні та самозапалення.

Висновки

За результатами проведеного дослідження було здійснено екологічну оцінку характеристик Макухівського сміттєзвалища засобами ГІС та ДЗЗ. Отримані результати можуть бути використані органами влади при розробці програм поводження з твердими побутовими відходами з метою попередження надзвичайних ситуацій на території полігону. Встановлено, що Макухівське сміттєзвалище є найбільшим ПТПВ у Полтавській області, що створює високий ступінь ризику для здоров’я населення, яке мешкає поблизу.

За допомогою ГІС технологій та ДЗЗ було проведено різночасове порівняння космічних знімків території полігону. На основі побудованих тематичних карт виявлено зміни площі сміттєзвалища та ґрунтово-рослинного покриву, виявлено залежність пожеж, що виникають на території звалища, від концентрацій газів метану в атмосфері.

Практична концепція реалізації космічного моніторингу територій ПТПВ на прикладі Макухівського сміттєзвалища дає змогу контролювати проблеми, проводити розрахунки щодо рекультивації порушених земель, здійснювати раціональну політику в галузі видобутку біогазу, прогнозувати та попереджувати можливі екологічні та соціально-економічні наслідки досліджуваних територій.

Перспективи подальших досліджень пов’язані із такими послідовними діями: моніторинг пожежонебезпечних ділянок звалища; проведення аналітико-кореляційного аналізу відповідності й закономірності зміни концентрацій звалищних газів та виникнення пожеж на певних ділянках; з’ясування метричності та точності інструментарного забезпечення з використанням математичного апарату; створення цифрової моделі карти екологічної безпеки території Макухівського ПТПВ.

References

1. Ekolohichnyi pasport Poltavskoi oblasti 2020 rik. (2021). Poltava Retrieved from: https://mepr.gov.ua/files/docs/eco_passport/2021 [In Ukrainian].

2. Rehionalnyi plan upravlinnia vidkhodamy u Poltavskii oblasti do 2030 roku. (2021). Poltava [In Ukrainian]

3. Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha v Poltavskii oblasti u 2020 rotsi. (2021). Poltava. 2021 Retrieved from: https://mepr.gov.ua/ content/ [In Ukrainian].

4. Pei, T., Xu, J., Liu, Y., Huang, X., Zhang, L., Dong, W., Qin, C., Song, C., Gong, J., & Zhou, C. (2021). GIScience and remote sensing in natural resource and environmental research: Status quo and future perspectives. *Geography and Sustainability*, 2 (3), 207–215. doi: 10.1016/j.geosus.2021.08.004

5. Gao, S (2020). A Review of Recent Researches and Reflections on Geospatial Artificial Intelligence[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 45 (12), 1865–1874. doi: 10.13203/j.whugis20200597

6. Zhu, A.-X., Zhao, F.-H., Liang, P., & Qin, C.-Z. (2020). Next generation of GIS: must be easy. *Annals of GIS*, 27 (1), 71–86. doi: 10.1080/19475683.2020.1766563

7. Khan, D., & Samadder, S. R. (2015). A simplified multi-criteria evaluation model for landfill site ranking and selection based on AHP and GIS. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 23 (4), 267–278. doi: 10.3846/16486897.2015.1056741

8. Nascimento, V. F., & da Silva, A. M. (2013). Identifying problems for choosing suitable areas for installation of a new landfill through GIS technology: A case study. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 64 (1), 80–88. doi: 10.1080/10962247.2013.833558

9. Malczewski, J., & Rinner, C (2015) Multi-criteria decision analysis in geographic information sciences, 1st edn. Springer, New York

10. Azimov, O., Schevchuk, O., Azimova, K., Dorofey, Y., & Tomchenko, O. (2020). Integration of GIS and RSE aiming to the effective monitoring of the surroundings of landfills. *Ukrainian journal of remote sensing*, (27), 4–12. doi: 10.36023/ujrs.2020.27.183

11. Jimoh, R., Moradeyo, A., Chuma, V., Olubukola, O., & Yusuf, A. (2019). A GIS based appraisal of waste disposal for environmental assessment and management in Mainland area of Lagos state, Nigeria. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 6 (1), 76–82. doi: 10.30897/ijegeo.476449

12. Singh, A. (2019). Remote sensing and GIS applications for municipal waste management. *Journal of Environmental Management*, 243, 22–29. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.05.017

13. Popovych, V. V., & Kucheriavyi, V. P. (2012). Horinnia polihoniv tverdykh pobutovykh vidkhodiv yak zahroza zdoroviu liudyny ta faktor tekhnohennoho navantazhennia na dovkillia. *Visnyk Dnipropetrovskoho Derzhavnoho Ahrarno-Ekonomichnoho Universytetu*, 1, 162–166. [In Ukrainian]

14. Zhukauskas, S. V. (2020). Udoskonalennia systemy upravlinnia ekolohichnoiu bezpekoiu iz zastosuvanniam bezpilotnykh aparativ ta aerokosmichnykh tekhnolohii. *Candidate's thesis*. Kyiv [In Ukrainian]

15. Ridii, N. M., Horbatenko, A. A., Strokal, V. P., Shofolov, D. L., & Rybalko, Yu. V. (2019). *Heoinformatsiinyi monitorynh ekolohichnoho stanu lokalnykh ahrosystem. Monohrafiia*. Kherson. «Oldi-Plius» [In Ukrainian]

16. Herasymchuk, Z. V., & Oleksiuk, A. O. (2007). *Ekolohichna bezpeka rehionu: diahnostyka ta mekhanizm zabezpechennia. Monohrafiia*. Lutsk. «Nadstyria» [In Ukrainian]

17. Stan sfery povodzhennia z pobutovymy vidkhodamy v Ukraini za 2020 rik. Retrieved from: https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sfery-povodzhennya-z-pobutovymy-vidhodamy-v-ukrayini-za-2020-rik-2/ [In Ukrainian]

18. Informatsiinyi zvit pro rezultaty hidrokhimichnykh doslidzhen v raioni roztashuvannia mistsia vydalennia vidkhodiv «Miske zvalyshche komunalnykh vidkhodiv s. Makukhivky. (2014). Poltava: Publichne aktsionerne tovarystvo Natsionalna aktsionerna kompaniia «Nadra Ukrainy» (DP «Ukrnaukaheotsentr.) [In Ukrainian]

19. Molchanova, A. V. (2016). Ekolohichni aspekty vplyvu polihoniv tverdykh pobutovykh vidkhodiv na ahrolandshaft, vodne seredovyshche ta atmosferne povitria. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 106–110. [In Ukrainian] doi: 10.31210/visnyk2016.04.23 [In Ukrainian]

20. Kostyuchenko, Y. V., Movchan, D., Kopachevsky, I., & Yuschenko, M. (2016). Approach to multi-disaster vulnerability analysis based on risk perception model. *Prace i Studia Geograficzne*, 61 (4), 63–84.

Стаття надійшла до редакції: 27.03.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Шевчук С. М., Пуденко О. Р. Можливості використання технологій ГІС та ДЗЗ при екологічному моніторингу Макухівського сміттєзвалища в Полтавській області. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 165–174.

© Шевчук Сергій Миколайович, Пуденко Оксана Ростиславівна, 2022

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ТВАРИННИЦТВО

Agriculture. Animal breeding

BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY

ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)

https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

review article | UDC 338.43:637.5:636.4 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.21**

PRE-WAR STATE OF DOMESTIC PIG BREEDING

M. Povod[1] ORCID 0000-0002-2470-4921
D. Andrieieva[2] ORCID 0000-0003-4572-0856
A. Lykhach[3] ORCID 0000-0002-0472-6162
O. Deschenko[3] ORCID 0000-0002-2185-2689
V. Lykhach[3]* ORCID 0000-0002-9150-6730
V. Reznichenko[3] ORCID 0000-0002-1648-9221
O. Bondarskaya[4] ORCID 0000-0002-6505-9199

[1] Sumy National Agrarian University, G. Kondratiev Str., 160, Sumy, 40021, Ukraine
[2] Mykolayiv National Agrarian University, 9 Georgiy Gongadze St., Mykolayiv, 54020, Ukraine
[3] National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15, Heroiv Oborony Str., Kyiv, 03041, Ukraine
[4] Association «Pig breeders of Ukraine», 1 Mykhailo Kotsyubynsky Str., Kyiv, 01030, Ukraine
*Corresponding author
E-mail: avlykhach@nubip.edu.ua

How to Cite

Povod, M., Andrieieva, D., Lykhach, A., Deschenko, O., Lykhach, V., Reznichenko, V., & Bondarskaya, O. (2022). Pre-war state of domestic pig breeding. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 175–185. doi: 10.31210/visnyk2021.02.21

The article presents the results of the analysis of the current, pre-war state of domestic pig breeding as an important industry in the general structure of agricultural production in the country. Data on the state of the pig industry in Ukraine from 1981 to 2020 are taken into account and analyzed. The solution to the problem of increasing meat production and increasing the level of meat supply to the population largely depends on the development of pig breeding, the features of which make it possible to increase the number of pigs in the shortest possible time and achieve the required meat production. After all, in crisis situations, pig breeding often became the main source of rapid growth in meat production. In addition, pig breeding is one of the key branches that provide Ukraine with meat and fat products. In Ukraine, it is represented by producers of two categories – the homestead sector and industrial pig farms. There is a sharp decline in the number of pigs in the homestead sector, in contrast to the industrial sector. The number of pigs in Ukraine changed in different ways, the main reasons for the significant reduction in the number of pigs in the country include the disparity in prices for agricultural and industrial products; raise in feed prices; the inability of most domestic producers to use the latest technologies for keeping and fattening pigs; liquidation of specialized pig farms (up to 300 sows); saturation of the domestic market with raw materials of foreign production; reduction of state support; complications of the epizootiology situation (ASF); a difficult economic situation of ordinary Ukrainians. During the analyzed years, the least pork was produced in 2020, where the main reason for this phenomenon was adverse weather conditions and the global and national economic crisis caused by the massive pandemic of the coronavirus COVID-19. At the present stage in Ukraine the task is to radically revive the pig industry and transfer it to industrial technology, as well as to ensure that it can provide cheap, high quality and competitive products. To do this, our country has the necessary breeding gene pool and breeding base of pigs, fertile land to form an appropriate fodder base, as well as a highly qualified potential of scientists and producers for the rational management of the pig industry.

Key words: *pig breeding, livestock, pork, agricultural enterprises, households, demand, imports, price situation, meat consumption, production.*

ПЕРЕДВОЄННИЙ СТАН ВІТЧИЗНЯНОГО СВИНАРСТВА

***М. Г. Повод*[1], *Д. М. Андрєєва*[2], *А. В. Лихач*[3], *О. С. Дещенко*[3], *В. Я. Лихач*[3], *В. І. Рєзніченко*[3], *О. М. Бондарська*[4]**

[1] Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
[2] Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв, Україна
[3] Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна
[4] Асоціація «Свинарі України», м. Київ, Україна

У статті представлено результати аналізу сучасного, передвоєнного стану вітчизняного свинарства як важливої галузі у загальній структурі сільськогосподарського виробництва країни. Враховані та проаналізовані дані щодо стану галузі свинарства в Україні за 1981–2020 рр. Вирішення проблеми зростання виробництва м'яса та підвищення рівня забезпечення населення м'ясною продукцією, значною мірою, залежать від розвитку свинарства, особливості якого дають змогу в найкоротші строки забезпечити збільшення поголів'я свиней і досягти необхідного обсягу виробництва м'яса. Адже у кризових ситуаціях саме воно нерідко ставало головним джерелом швидкого нарощування обсягів виробництва м'яса. Крім того, свинарство є однією з ключових галузей, що забезпечує Україну м'ясо-сальною продукцією. Свинарство в Україні представлено виробниками двох категорій – присадибним сектором та промисловими свиногосподарствами. Упродовж останніх років відмічається стрімке скорочення поголів'я свиней у присадибному секторі на відміну від промислового сектору. Чисельність свиней в Україні змінювалася по-різному, до основних причин суттєвого скорочення поголів'я свиней у країні слід віднести: диспаритет цін на сільськогосподарську та промислову продукцію; зростання цін на корми; неспроможність більшості вітчизняних товаровиробників застосовувати новітні технології утримання та відгодівлі свиней; ліквідація спеціалізованих свинарських господарств (до 300 свиноматок); насичення вітчизняного ринку сировиною іноземного виробництва; скорочення обсягів державної підтримки; ускладнення епізоотологічної ситуації (АЧС); скрутне економічний стан пересічних українців. Упродовж проаналізованих років найменше було вироблено свинини за 2020 рік, де основною причиною цього явища були несприятливі погодні умови, світова та державна економічна криза, спричинена масовою пандемією коронавірусу COVID-19. На сучасному етапі в Україні ставиться завдання радикально відродити галузь свинарства та перевести її на індустріальну технологію, а також досягти того, щоб вона могла давати дешеву, високоякісну та конкурентоспроможну продукцію. Для цього в нашій країні є необхідний племінний генофонд та племінна база свиней, вона має родючі землі для формування відповідної кормової бази, а також висококваліфікований потенціал науковців і виробників для раціонального ведення галузі свинарства.

Ключові слова: *свинарство, поголів'я, свинина, сільськогосподарські підприємства, господарства населення, попит, імпорт, цінова ситуація, споживання м'яса, виробництво.*

Рівень життя населення тісно пов'язаний із розвитком галузей тваринництва, частка якого у структурі продовольства становить понад 45 %, зокрема галузь свинарства займає близько 40 %, у забезпеченні населення м'ясною продукцією. Вартість свинини перебуває на третьому місці після ягнятини та яловичини, а за своїми поживними й кулінарними перевагами свинині належить перше місце з-поміж іншої м'ясної продукції [10, 16, 25, 27, 28, 30]. Свинарство є важливою галуззю національної економіки, яка забезпечує населення продуктами харчування, переробну промисловість – сировиною, а також сприяє створенню необхідних державних резервів тваринницької продукції, інтенсивному використанню земельних ресурсів. Проте фактичний стан галузі не відповідає її потенційним можливостям і потребує додаткової уваги з боку держави, практиків, науковців.

Необхідною умовою подальшого розвитку свинарства в Україні є прискорений перехід на виробництво конкурентоспроможної м'ясної свинини. Інтенсивне виробництво продукції свинарства висуває нові підвищені вимоги до технологічних особливостей ведення галузі [4, 7, 11, 19, 20].

Здоров'я населення України та, власне, продовольча безпека значною мірою пов'язані із рівнем виробництва та споживанням білків тваринного походження, основним джерелом якого є м'ясо і м'ясопродукти. Особливої гостроти ця проблема набула через суттєвий спад виробництва м'яса внаслідок непослідовних ринкових реформ в Україні, критичним станом сільськогосподарських підприємств, які є сировинною базою розвитку переробної й харчової промисловості, погіршенням матеріального становища сільських трудівників [2, 7, 12, 15, 17, 23]. Також, наразі, особливого

ставлення до аналізу стану агропромислового комплексу, зокрема свинарства, вимагають нові реалії – невиправдана військова агресія з боку росії та введення воєнного стану в Україні.

Вирішення проблеми зростання виробництва м'яса та підвищення рівня забезпечення населення м'ясною продукцією значною мірою залежать від розвитку свинарства, особливості якого дають змогу в найкоротші строки забезпечити збільшення поголів'я свиней і досягти необхідного обсягу виробництва м'яса. За своєю господарською значущістю свинарство як національно ідентична галузь в Україні традиційно посідає перше місце серед інших галузей тваринництва. Адже у кризових ситуаціях саме воно нерідко ставало головним джерелом швидкого нарощування обсягів виробництва м'яса [18, 21, 24, 26, 29, 31]. Крім того, свинарство є однією з ключових галузей, що забезпечує Україну м'ясо-сальною продукцією. Однак в Україні внаслідок кризи в аграрному секторі виробництво свинини значно зменшилося, проте зазначена галузь надалі залишається однією з перспективних у формуванні продовольчої безпеки держави, забезпеченні внутрішнього попиту на м'ясну продукцію вітчизняного виробництва [7, 12, 17, 21, 36].

Ця стаття містить враховані та проаналізовані дані щодо стану галузі свинарства за період 1981–2020 років.

Свинарство в Україні представлено виробниками двох категорій – присадибним сектором та промисловими свиногосподарствами. Присадибне свинарство здавна було важливим видом сільськогосподарської діяльності для українців. Проте з часом, зміною характеру зайнятості населення, посиленням процесів урбанізації вирощування свиней у господарствах населення втрачає популярність. Так, у пострадянський період воно відігравало роль суттєвої підтримки для домогосподарств, що зробило його стійкішим до випробувань. Проте вже з 2000-х років чисельність утримуваного поголів'я свиней у господарствах населення почала скорочуватись помітніше, тож частка тварин у цій категорії виробників скорочується [1, 3, 6, 29].

З 2016 року скорочення прискорилося: кількість свиней у господарствах населення зменшувалася на 7,5 % щороку. Так, якщо станом на початок 2015 року їх кількість становила 3,6 млн гол., то вже на початку 2020 року показник знизився нижче 2,5 млн. зважаючи на таку динаміку, вже 2025 року поголів'я свиней у присадибному секторі може скоротитися до 1,5 млн гол. [3, 13, 20, 29]

Розвиток промислового свинарства мав іншу хронологію подій. З радянських часів і донині воно пройшло низку етапів становлення: радянський період до 1991 року. Характерною особливістю цього періоду була рекордна чисельність свинопоголів'я (майже 20 млн гол.) та його концентрація на промислових комплексах (79 %). Факт досягнення таких масштабів у минулому, а тим паче у період засилля екстенсивних методів розвитку сільського господарства вказує на значний потенціал вітчизняного виробництва свинини (рис. 1); «руйнація» промислового свинарства 1990-х років, протягом яких число промислового свинопоголів'я скоротилося майже у 6 разів – до рекордно низької позначки 2,4 млн гол. станом на початок 2001 року; 2000-ні роки – новітній період, відродження промислового свинарства на базі тих підприємств, що залишилися; 2010-ті роки – перехід до інтенсивного розвитку через упровадження кращих світових практик [1, 3, 13, 29, 34].

Рис. 1. Динаміка поголів'я свиней за категоріями господарств на початок року, 2010–2019 рр.
Джерело: Аналітичний відділ АСУ за даними ДССУ. * – без урахування АР Крим та тимчасово окупованих частин Донеччини та Луганщини [3, 29].

Фактом негативної динаміки як загальної чисельності поголів'я, так і виробництва свинини слугує динаміка маточного поголів'я, від якої прямо залежать згадані показники. Так, з 2016 року темпи скорочення поголів'я свиноматок зросли, що відобразилося спочатку на загальній чисельності свиней у країні, а згодом і на річному доробку галузі (рис. 2). Окрім змін у кількості свинопоголів'я промислових підприємств, у другій половині 2010-х років відбулися і вагомі структурні зміни. Вплив низки чинників (падіння курсу гривні, послаблення купівельної спроможності українців, поширення африканської чуми свиней, втрата можливості експорту свинини до рф, а пізніше – і до низки інших країн, законодавчі та податкові зміни), що слугували «перевіркою на витривалість» представників галузі, яка залишила на ринку лише найефективніших та найстійкіших.

Так, якщо на 1 січня 2015 року 3,7 млн свиней утримували 2,7 тис. сільськогосподарських підприємств, то на початку 2019 року число підприємств скоротилося на тисячу, а кількість утримуваного поголів'я – на 0,34 млн гол.

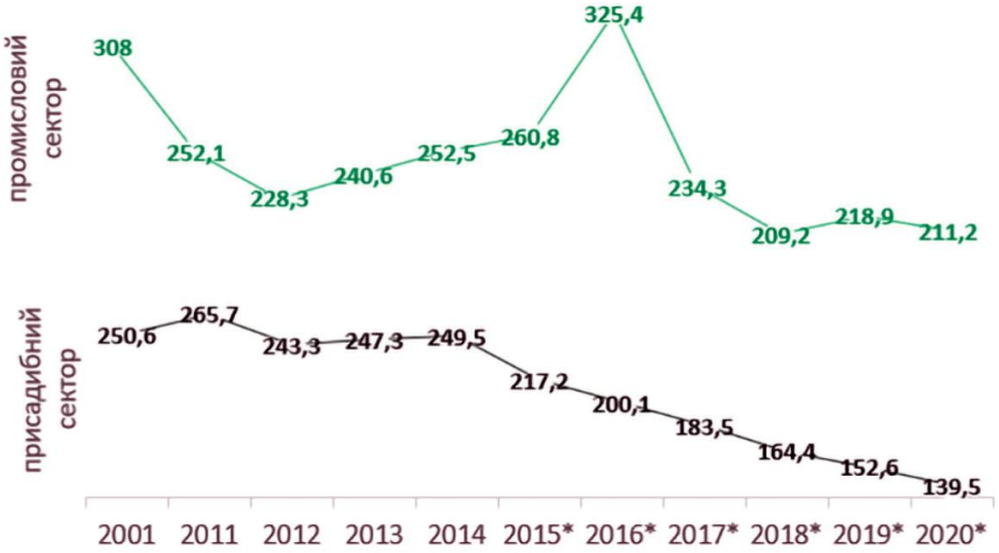


Рис. 2. Динаміка поголів'я основних свиноматок свинопоголів'я в розрізі категорій господарств станом на початок року

Джерело: Аналітичний відділ АСУ за даними ДССУ. * – без урахування АР Крим та тимчасово окупованих частин Донеччини та Луганщини [3, 13, 29].

Тож ті виробники свинини, які адаптувались до нових умов роботи поступово займають нішу, яка звільнилась, нарощуючи поголів'я та свою вагу на ринку. За результатами 2019-го 15 найбільших підприємств галузі утримували 57 % поголів'я промислових свиноматок та забезпечували понад половину промислової пропозиції живих свиней забійних кондицій (рис. 3).

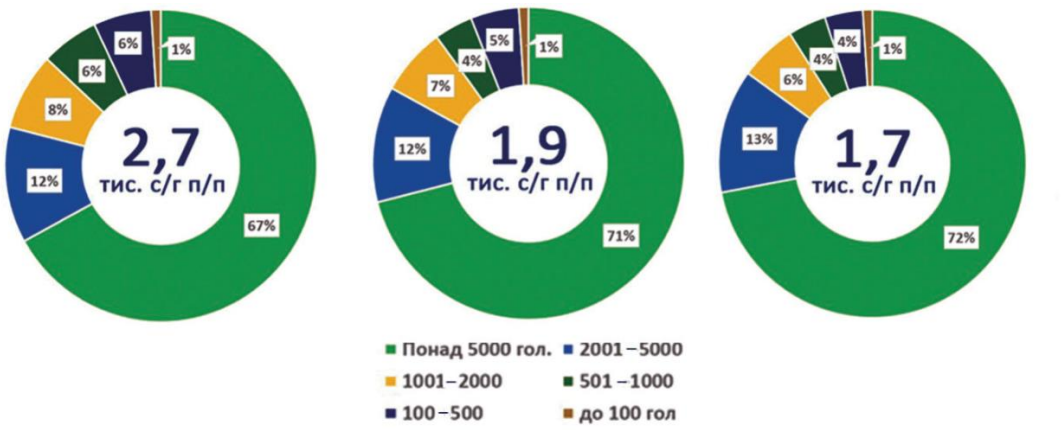


Рис. 3. Групування промислового поголів'я свиней за розмірами промислових свиногосподарств в Україні

Джерело: Аналітичний відділ АСУ за даними ДССУ) [3, 13, 29].

Зокрема, якщо на початку 2015 року в господарствах з поголів'ям понад 5 тис. голів утримували 67 % промислового поголів'я, то на початку 2019 року на таких свинофермах сконцентровано 72 % «індустріальних» свинок. Хоча кількість свиногосподарств за 2018 рік скоротилося понад ніж на дві сотні (через вихід із галузі виробників з поголів'ям менше 2 тис. свиней), відзначаємо продовження розвитку сектору за рахунок укрупнення. Так, 13 свиногосподарств наростили виробничі потужності та увійшли до когорти виробників з поголів'ям 2–5 тис. свиней, стільки ж перетнуло десятитисячний поріг (рис. 4).

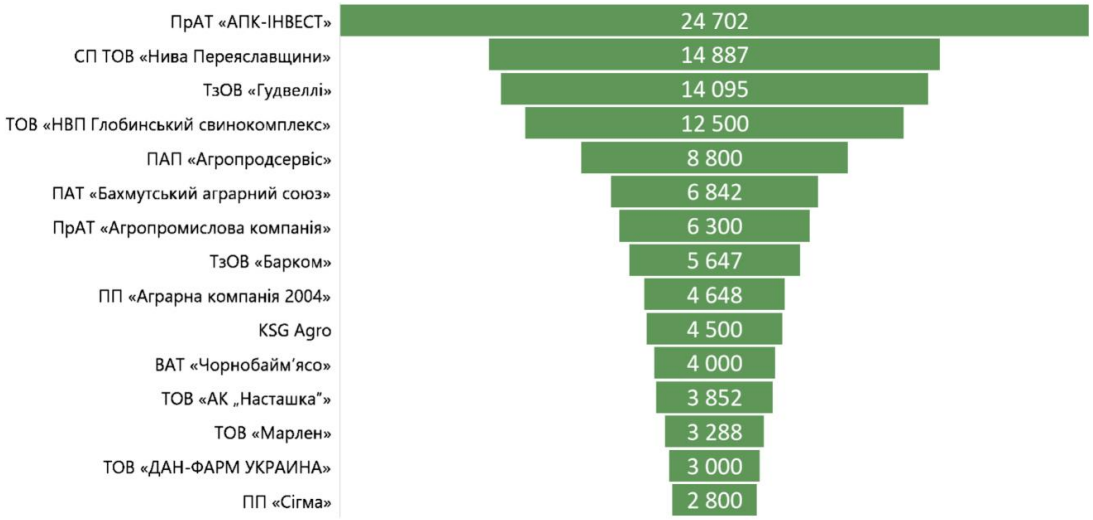


Рис. 4. ТОП-15 найпотужніших свиногосподарств України (2019 р.)
Джерело: [3, 29].

Девальвація гривні 2014 року змусила операторів вітчизняного ринку свинини більшою мірою покладатися на м'ясну сировину українського походження. Проте і до цього, навіть з урахуванням імпорту не тільки свинини, а і свинячого жиру та субпродуктів, левову частку фонду споживання свинини в Україні забезпечувала саме вітчизняна продукція.

З 2010 року рівень самозабезпеченості України свининою не падав нижче 73 % навіть за максимальних обсягів імпорту продукції свинарства 2012 року (рис. 5). Упродовж 2015–2017 років українські виробники забезпечували понад 90 % фонду споживання свинини та продукції з неї. Хоча скорочення як маточного, так і загального поголів'я свиней у країні спричинило деяке просідання внутрішньої пропозиції, рівень самозабезпеченості продукцією свинарства з 2014 року не падав нижче 86 %.

Рис. 5. Динаміка внутрішнього виробництва свинини та рівня самозабезпеченості продукцією свинарства
Джерело: МЕРТ, Економічний дискусійний клуб ** – включно з субпродуктами та жиром [3, 29].

Отже, на кожні 10 кг свинини та м'ясопродуктів з неї, яку споживають в Україні, продукція імпортного походження складає менше 1,5 кг. Практично уся імпортна сировина, що надходить на вітчизняний ринок, потрапляє на переробні підприємства. Переробники переважно використовують імпортну свинину, якщо це економічно виправдано: коли різниця між внутрішніми цінами на живець та цінами на свинину в ЄС, звідки надходить більшість імпортної сировини, може покрити витрати на здійснення імпортної операції, зокрема, логістичної.

Однак, якщо говорити про імпорт субпродуктів та свинячого жиру, то їх надходження більш-менш сталі, оскільки Україна не забезпечує себе достатнім обсягом свинячих субпродуктів і жиру. Крім цього, останні переробні підприємства імпортують ще й через якісні характеристики продукту: імпортний свинячий жир відрізняється від вітчизняного вищою тугоплавкістю, що є дуже важливим для виробництва певного виду ковбас (рис. 6, 7).

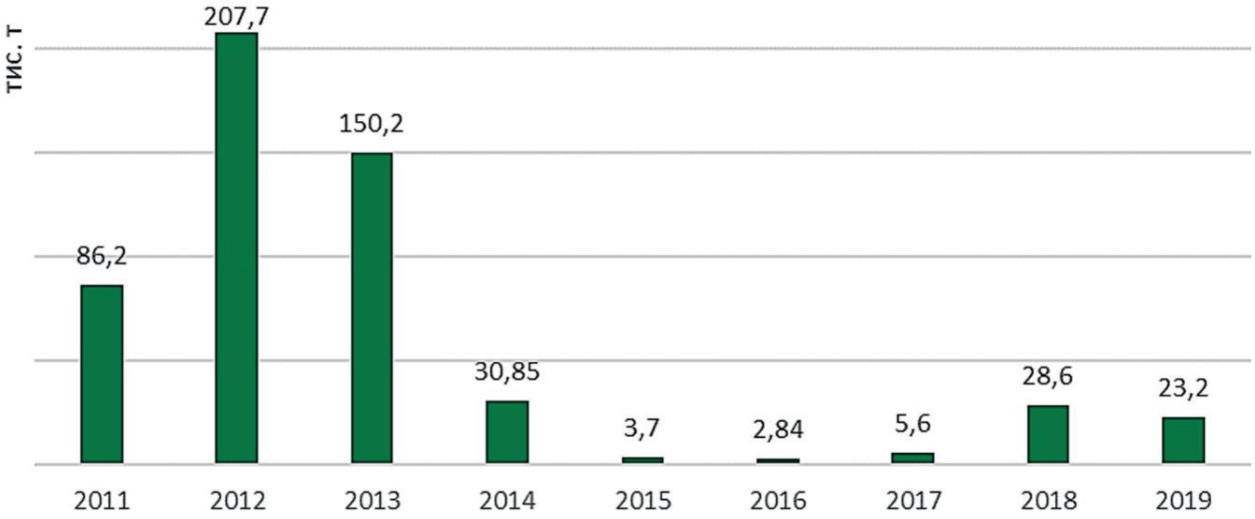


Рис. 6. Динаміка обсягів імпорту свіжого, охолодженого та мороженого м'яса свиней (УКТ ЗЕД 0203), 2011–2018 рр.

Джерело: Аналітичний відділ АСУ за даними Митної статистики ДФСУ [3, 14, 29].

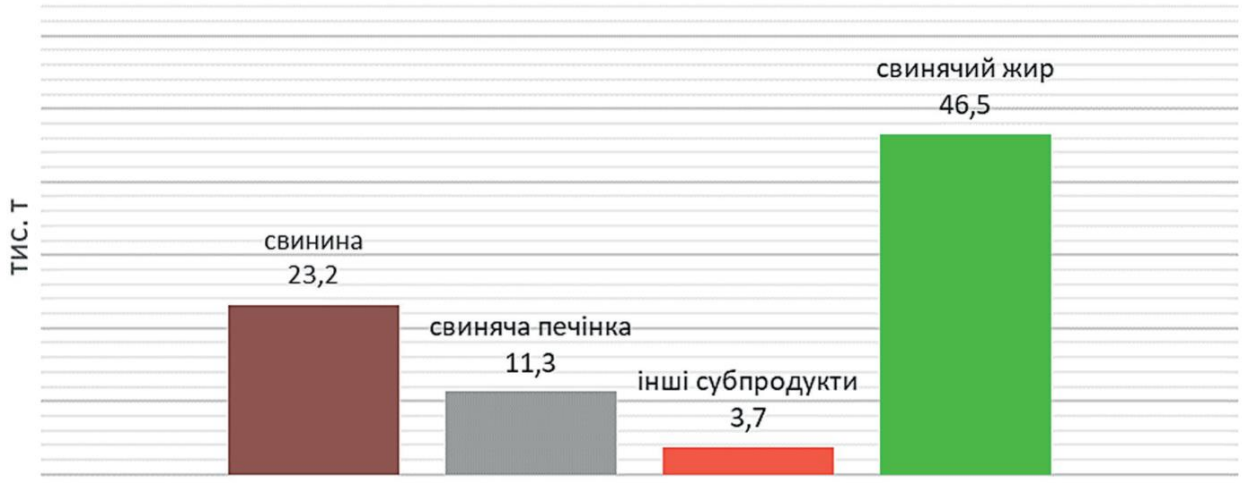


Рис. 7. Обсяги імпорту продукції свинарства 2018 року, тис. т

Джерело: Аналітичний відділ АСУ за даними ДССУ [3, 13, 29].

Що стосується експорту, така перспектива є дуже спокусливою як для виробників, так і для переробників через можливість потрапити на ринки з вищою ціною, а значить – заробити більше. На заваді розвитку зовнішньої торгівлі значною мірою стало поширення АЧС [3, 28, 29].

Характер подальшого розвитку вітчизняного свинарства залежатиме від зміни внутрішнього споживання свинини. Хоча свинина вважається одним із традиційних видів м'яса у раціоні українців, упродовж останніх десяти років показник середньодушового споживання коливався в межах 18–21 кг/особа/рік (рис. 8).

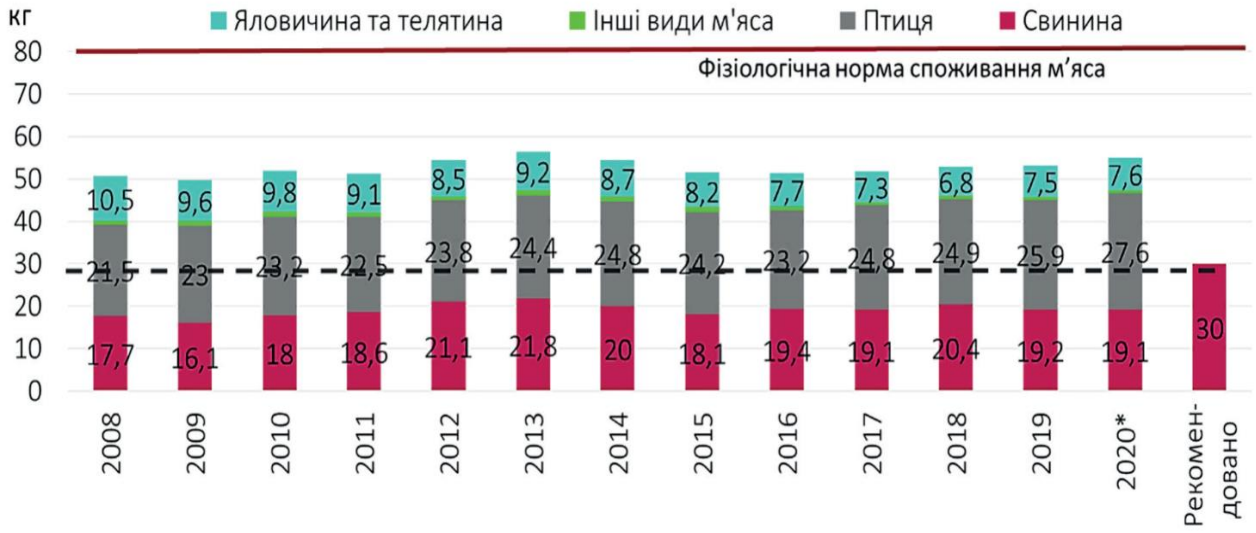


Рис. 8. Динаміка та структура споживання м'яса за його видами в Україні
Джерело: Аналітичний відділ АСУ за даними Мінекономрозвитку, ЕДК [3, 13, 29].

Причиною цьому слугувала «прив'язка» попиту на свинину до рівня платоспроможності населення. Так, останнє найвідчутніше послаблення споживання свинини припало на післякризовий 2015 рік, проте по мірі відновлення купівельної спроможності споживачів цей показник також реабілітується. Проте варто розуміти, що рекордний рівень споживання свинини, зафіксований 2013року (21,8 кг/особа/рік), поступається рекомендованій нормі споживання свинини (30 кг). З огляду на ці норми, внутрішній ринок має потенціал до збільшення ємності на третину – до 1,2 млн т.

Основну конкуренцію на ринку м'яса України свинині складає курятина, що сприймається споживачами як дешевший та дієтичніший продукт. Проте правильна робота зі споживчими стереотипами та підвищення іміджу галузі свинарства серед пересічних громадян може суттєво сприяти збільшенню попиту на свинину; індустріалізації галузі свинарства та її інвестиційній привабливості. Приріст промислового виробництва свинини вже компенсує зворотні тенденції присадибного сектору свинарства. Якщо темпи скорочення поголів'я свиней у господарствах населення збережуться на рівні 7,5 %/рік, а приріст промислового – на рівні +5 %, то вже до 2025-го на сільськогосподарських підприємствах буде сконцентровано ¾ поголів'я свиней у країні. Однак у разі уповільнення темпів відновлення виробництва індустріальної свинини та прискорення «згортання» присадибного свинарства на ринку може утворитися дефіцит, що слугуватиме підтримкою для внутрішніх цін та інвестиційної привабливості галузі. Але на сьогодні важко спрогнозувати аспекти роботи галузі внаслідок війни.

Отже, завдяки дії сприятливих чинників (обмеженість внутрішньої пропозиції, послаблений тиск з боку імпорту, циклічність галузі) виробництво свинини мало досить високий рівень інвестиційної привабливості упродовж другої половини 2017 року та першого кварталу 2018 року. Пізніше прибутковість галузі дещо послабилася по мірі підвищення виробничих витрат і деякого послаблення цін на ринку живця. Така зміна є цілком закономірною, оскільки відповідає коливанню коефіцієнта привабливості в межах 3–4-річного циклу (рис. 9).

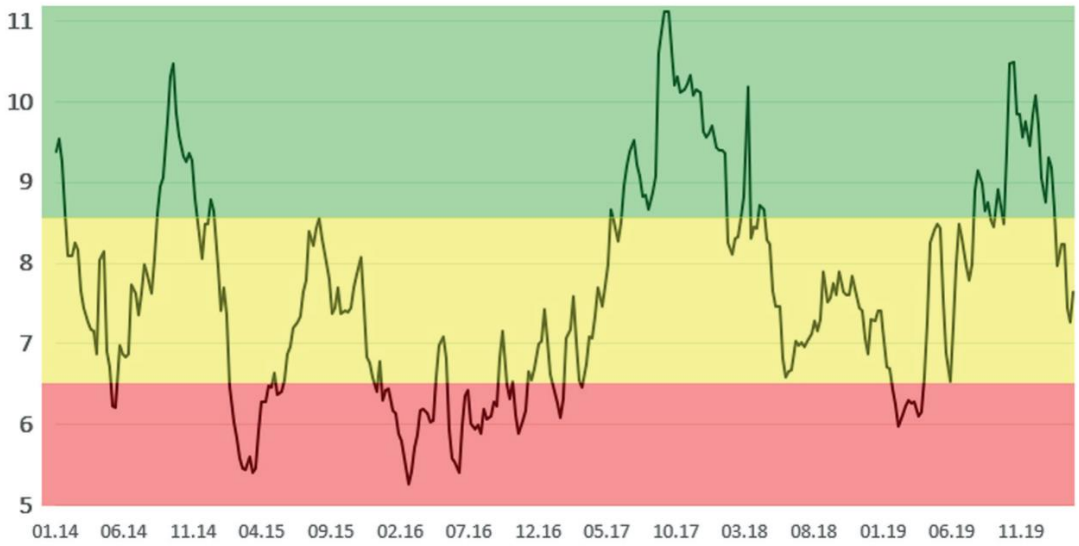


Рис. 9. Динаміка коефіцієнта привабливості галузі свинарства в Україні упродовж 1996–2018 рр.
Джерело: Аналітичний відділ АСУ [29].

Тож на піку прибутковості бізнесу (коли співвідношення цін закупівлі свинини живою масою та собівартості комбікорму «фінішер» перевищує 8,5 одиниць) спостерігатиметься більша інвестиційна активність як серед працюючих виробників, так і серед «нових». Проте вже за кілька років, коли прибуток зможуть отримувати лише найефективніші виробники, слабкі оператори з низьким запасом фінансової стійкості залишатимуть ринок.

Хоча українські виробники свинини за рівнем собівартості не можуть конкурувати ані з північно-американськими свинарями, ані з бразильськими, рівень собівартості виробництва не надто відрізняється від показників європейських колег. При цьому витрати на виробництво свинини в Україні перевищують їх середньоєвропейський рівень у тих операторів, що мають низький рівень інтенсивності та ефективності виробництва (рис. 10).

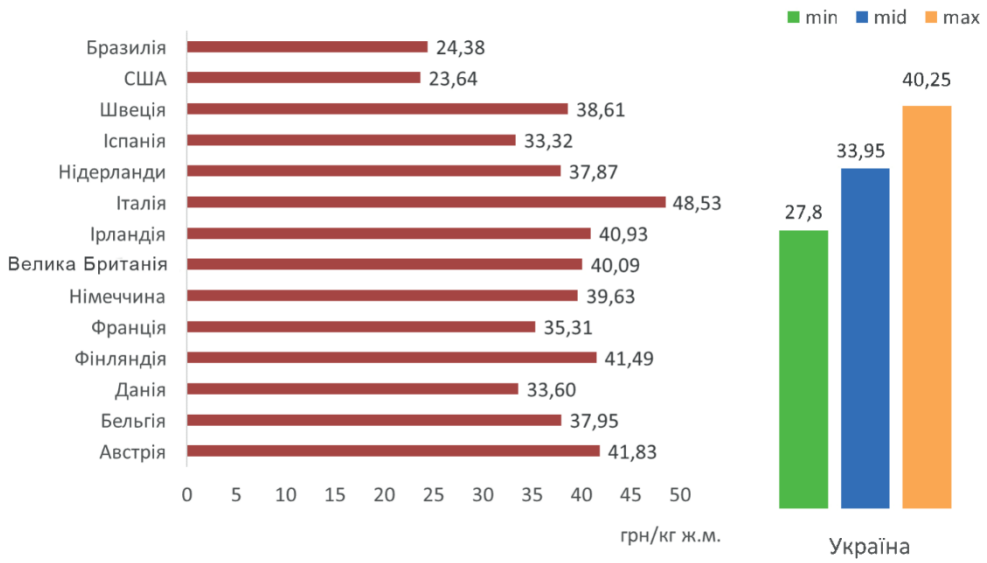


Рис. 10. Порівняльний аналіз собівартості виробництва 1 кг свинини живою масою в Україні та країнах світу
Джерело: Аналітичний відділ АСУ за даними Interpig та бенчмаркінгу в Україні 2017 р., ДССУ [3, 13, 29]

Окрім оптимізації виробничих витрат важливим чинником для поліпшення фінансових результатів діяльності є підвищення інтенсивності виробництва [3, 8, 9, 29]. Так, порівняння

виробничих показників вітчизняних свиногосподарств із середніми даними операторів країн-флагманів свинарства вказує на те, що результати діяльності окремих вітчизняних виробників співставні із середнім доробком їх колег у країнах Європи та Америки. Проте середні виробничі показники галузі значно поступаються, зокрема і через значну кількість невеликих операторів з низькими показниками продуктивності та інтенсивності виробництва. Це формує значний потенціал для зростання і подальшого розвитку ефективності промислових виробників свинини, а стимулом до його реалізації слугують продовження згаданих структурних змін у галузі, збільшення впливу глобальних трендів і циклічні коливання прибутковості.

Отже, зважаючи на вищезазначене, акцентуємо увагу на те, що на сучасному етапі в Україні ставиться завдання радикально відродити галузь свинарства та перевести її на індустріальну технологію, а також досягти того, щоб вона могла давати дешеву, високоякісну та конкурентоспроможну продукцію. Для цього в нашій країні є необхідний племінний генофонд та племінна база свиней, вона має родючі землі для формування відповідної кормової бази, а також висококваліфікований потенціал науковців і виробничників для раціонального ведення галузі свинарства.

Висновки

Для забезпечення прибутковості ведення свинарства в Україні необхідно здійснювати державні інтервенції ринку продукції свинарства. Це дасть можливість забезпечити продовольчу безпеку в державі, гарантувати виробникам мінімальні ціни на м'ясну продукцію, підвищувати їх економічні інтереси та стимули, наситити внутрішній ринок свининою повною мірою, виходячи з науково обґрунтованих норм споживання м'яса в розрахунку на одну особу. Також доцільно було б регулярно надавати кредитну підтримку (кредитну субсидію) виробникам тваринницької продукції, яка може бути направлена на модернізацію виробництва для комплексного застосування інтенсивних технологій, а це, своєю чергою, впливатиме на конкурентоспроможність продукції.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні стану та напрямів розвитку галузі свинарства в умовах індустріалізації технологічних процесів виробництва та реалізації продукції свинарства у післявоєнний час.

References

1. Asotsiatsiia «Svynariv Ukrainy». Retrieved from: http://asu.pigua.info/ [In Ukrainian].

2. Babenko, M. (2021). Svynarstvo 2021 – prohraty ne mozhna vyhraty. *AGRONEWS* Retrieved from: https://agronews.ua/news/stalo-vidomo-chomu-ukrainski-svynari-prohraiut-na-svitovomu-rynku/ [In Ukrainian].

3. Bondarska, O. (2015). Hlobalnyi rynok svynyny. *Prybutkove Svynarstvo*, 4 (28), 26–30. [In Ukrainian].

4. Bryk, M. M. (2018). Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku haluzi tvarynnytstva v Ukraini. *Ekonomichnyi Analiz*, 28 (4), 331–337. doi: doi: 10.35774/econa2018.04.331 [In Ukrainian].

5. Demchak, I. M., Senn, O. V., Mykytiuk, D. M., & Chyzhevskyi, O. L. (2013). *Monitorynh stanu haluzi tvarynnytstva ta rynkiv m'iaso-molochnoi produktsii za sichen-berezen 2013 roku v tsyfrakh, hrafikakh, diahramakh*. Kyiv: NDI «Ukrahroprpomproduktyvnist» [In Ukrainian].

6. Derzhavna fiskalna sluzhba Ukrainy. Retrieved from: http://sfs.gov.ua/ms/f11 [In Ukrainian].

7. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. Retrieved from: http://ukrstat.gov.ua [In Ukrainian].

8. Hnatiuk, S. A. (2015). Rezultaty i perspektyvy roboty hospodarstv korporatsii «Tvarynprom». *Visnyk Ahrarnoi Nauky Prychornomor'ia*, 2 (84), 15–22. [In Ukrainian].

9. Hryshchenko, N. P. (2019). Rozvytok svynarstva v Ukraini. *Tvarynnytstvo ta Tekhnolohii Kharchovykh Produktiv*, 271, 16–23. [In Ukrainian].

10. Ibatullin, M. I. (2016). Orhanizatsiino-ekonomichni zasady realizatsii produktsii svynarstva osobystymy selianskymy hospodarstvamy. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*, 2, 34–36. [In Ukrainian].

11. Ivanov, S. S., Borodaienko, F. A., Topikha, V. S., & Lykhach V. Ya. (2015). Efektyvne vyrobnytstvo svynyny v umovakh SVK «Ahrofirma «Myh-Servis-Ahro». *Visnyk Ahrarnoi Nauky Prychornomor'ia,* 2 (84), 78–86. [In Ukrainian].

12. Kovach, Yu. Ye., & Ilina, H. V. (2011). Efektyvnist svynarstva v umovakh sohodennia. Efektyvnist vykorystannia trudovykh i materialnykh resursiv u suchasnykh umovakh u svynarstvi. *Produktyvnist Ahropromyslovoho Vyrobnytstva (Ekonomichni Nauky)*, 19, 55–57. [In Ukrainian].

13. Loza, A. A. (2010). Slagaemye uspeha otechestvennogo svinovodstva. *Tvarynnytstvo Sohodni*, 2, 18–20. [In Ukrainian].

14. Lykhach, V. Ya. (2016). *Obgruntuvannia, rozrobka ta vprovadzhennia intensyvno-tekhnolohichnykh rishen u svynarstvi : monohrafiia*. Mykolaiv : MNAU [In Ukrainian].

15. Lykhach, V. Ya., Lykhach, A. V. (2020). *Tekhnolohichni innovatsii u svynarstvi : monohrafiia*. Kyiv: FOP Yamchynskyi O. V. [In Ukrainian].

16. Lykhach, V., Lykhach, A., Duczmal, M., Janicki, M., Ohiienko, M., Obozna, A., Kucher, O., & Faustov, R. (2020). *Management of innovative technologies creation of bio-products: monograph.* Opole-Kyiv [In Ukrainian].

17. Misiuk, M. V., & Susharnyk, Ya. A. (2016). Analiz suchasnoho stanu funktsionuvannia haluzi svynarstva. *Innovatsiina Ekonomika*, 7-8, 28–35 [In Ukrainian].

18. Mykhalko, O. H. (2021). Suchasnyi stan ta shliakhy rozvytku svynarstva v sviti ta Ukraini. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu : Naukovyi Zhurnal. Seriya. «Tvarynnytstvo»*. 3 (46), 61–77. [In Ukrainian].

19. Osobennosti i perspektivy razvitija rynka mjasa i mjasoproduktov. Retrieved from: https://koloro.ua/blog/issledovaniya/analiz-mjasnogo-rynka.html [In Russian].

20. Povod, M., Bondarska, O., Lykhach, V., Zhyshka, S., & Nechmilov, V. (Red.). (2021). *Tekhnolohiia vyrobnytstva produktsii svynarstva*. Kyiv: Naukovo-metodychnyi tsentr VFPO [In Ukrainian].

21 Prokopenko, O. M. (Red.). (2018). *Balansy ta spozhyvannia osnovnykh produktiv kharchuvannia naselenniam Ukrainy:* statystychnyi zbirnyk. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. Kyiv [In Ukrainian].

22. Prysiazhniuk, M. V., Zubets, M. V., Sabluk, P. T. Mesel-Veseliak, V. Ya., & Fedorov, M. M. (Red.). (2011). *Ahrarnyi sektor ekonomiky Ukrainy (stan i perspektyvy rozvytku)*. Kyiv: NNTs "IAE" [In Ukrainian].

23. Rybalko, V. P. (2010). Problemy proizvodstva svininy v stranah SNG. *Svinovodstvo*, 7, 48–49. [In Russian]

24. Rynok svynyny: dorohi kormy staly vyklykom 2020 roku. Retrieved from: https://agravery.com/uk/posts/show/rinok-svinini-dorogi-kormi-stali-viklikom-2020-roku [In Ukrainian].

25. Shpychak, O. M. (Red.). (2015). *Analiz potochnoi koniunktury i prohnoz rynkiv tvarynnytskoi produktsii v Ukraini ta sviti: monohrafiia*. Kyiv: NNTs "IAE" [In Ukrainian].

26. Shpychak, O. M., Bodnar, O. V., & Pashko, S. O. (2017). *Tsinova sytuatsiia na rynkakh produktsii tvarynnytstva v Ukraini*. Kyiv : NNTs «IAE» [In Ukrainian].

27. Shust, O. A. (2011). Ekonomichni zasady vyrobnytstva ta realizatsii produktsii svynarstva v silskohospodarskykh pidpryiemstvakh. *Stalyi Rozvytok Ekonomiky*, 1 (4), 276–280. [In Ukrainian].

28. Svitovi tendentsii v haluzi svynarstva. Retrieved from: https://pigua.info/uk [In Ukrainian].

29. Topikha, V. S. (Red.). (2012). *Tekhnolohiia vyrobnytstva produktsii svynarstva*. Mykolaiv: MDAU [In Ukrainian].

30. Tuchkova, A. (2014). Ukrainske svynarstvo: rozvyvaty, ne mozhna pokynuty. Retrieved from: http://b.pigua.info/uk/pigmarket/88/ [In Ukrainian].

31. Ukraina posidaie 85-e mistse v sviti za spozhyvanniam m'iasa na dushu naselennia. Retrieved from: http://shuvar.com/index.php?mod=news&cmd=deta-ils&id=620 [In Ukrainian].

32. Ukraina u 2014 rotsi narostyla vyrobnytstvo vsiiei produktsii tvarynnytstva – *Derzhstat*. Retrieved from: http: // ua.korrespondent.net/business/economics/3318808 [In Ukrainian].

33. Ukrainci potrebljajut sejchas v pjat' raz men'she mjasa, chem pri SSSR. Retrieved from: http://www.20minut.ua/news/71619 [In Russian].

34. V ASU vyznachyly 7 priorytetiv svynarstva u 2022 rotsi. Retrieved from: https://agravery.com/uk/posts/show/v-asu-viznacili-7-prioritetiv-svinarstva-u-2022-roci [In Ukrainian].

35. Voloshchuk, V. M. (2014). *Svynarstvo : monohrafiia*. Kyiv: Ahrarna nauka, [In Ukrainian].

36. Voloshchuk, V. M., Khatko, I. V., & Pidtereba O. I. (2012). Osoblyvosti selektsiino-tekhnolohichnykh rishen ta orhanizatsiinykh form u suchasnomu svynarstvi. *Svynarstvo Mizhvidomchyi Tematychnyi Naukovyi Zbirnyk*, 61, 3–8. [In Ukrainian].

37. Vyklyky ta perspektyvy dlia svynarstva. Retrieved from: https://kurkul.com/spetsproekty/479-vikliki-ta-perspektivi-dlya-svinarstva-reportaj-iz-forumu-svinoferma-maybutnogo [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 16.03.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:
Повод М. Г., Андрєєва Д. М., Лихач А. В., Дещенко О. С., Лихач В. Я., Рєзніченко В. І., Бондарська О. М. Передвоєнний стан вітчизняного свинарства. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 175–185.

© Повод Микола Григорович, Андрєєва Діана Миколаївна, Лихач Анна Василівна, Дещенко Олександр Сергійович, Лихач Вадим Ярославович, Рєзніченко Володимир Ігорович, Бондарська Олександра Михайлівна, 2022

Agriculture. Animal breeding
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

review article | UDC 636.4.08 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.22**

MECHANISMS OF THE INFLUENCE OF COPPER ON THE REPRODUCTIVE ABILITY OF MALES

S. Usenko ORCID 0000-0001-9263-5625
A. Siabro* ORCID 0000-0001-6808-2223

Poltava State Agrarian University, 1/3 Skovorody Str., Poltava, 36003, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: siabro.aliona@gmail.com

How to Cite: *Usenko, S., & Siabro, A. (2022). Mechanisms of the influence of copper on the reproductive ability of males. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 186–196. doi: 10.31210/visnyk2022.02.22*

The article highlights data on the influence of copper on physiological processes in the animal body in particular on the formation of sexual function, through the activity of enzymes and the synthesis of hormones. The purpose of the review was to reveal the mechanisms of copper's influence on the functioning of biological systems that shape the reproductive function of males. It has been established that the leading role of copper in physiological and biochemical processes is due to its essentiality. Males have homeostatic mechanisms for regulating copper metabolism including the chaperone proteins CCS, COX17, and ATOX1, which ensure the transport of this element, and the proteins ATP7A and ATP7B, the main function of which is to maintain an optimal copper level. Mutations in the genes encoding ATP7A and ATP7B proteins cause genetic disorders of copper metabolism, in which its deficiency or excess in the body is noted. Both an increase and a decrease in the supply of copper to the genital organs of males lead to histological changes in the testicles and disruption of spermatogenesis processes. Due to its redox properties, copper is a cofactor of superoxide dismutase and cytochrome c oxidase, which are closely related to the functional activity of spermatozoa. By catalyzing the dismutation of superoxide anions, superoxide dismutase protects spermatozoa from the negative effects of free radicals during their maturation during passage through the epididymis. Due to its leading role in oxidative phosphorylation, cytochrome c-oxidase maintains a normal level of ATP, which is necessary at all stages of spermatogenesis and ensures the mobility of gametes in the female reproductive tract. The hypothalamic-pituitary-gonadal system supports the normal development and functioning of male reproductive organs throughout life. The interdependence of copper metabolism and adrenal function is related to β-dopamine hydroxylase, which stimulates the synthesis of norepinephrine. This catecholamine, acting as an important neurotransmitter, affects the synthesis of steroid hormones in the testicles, which enables the normal development of the genitals. Copper contributes to the contraction of blood vessels and smooth muscles of the cavernous body; norepinephrine causes penile detumescence, which is an integral part of the bilateral system of erectile function. Given the leading role of copper in the differentiation, maturation, and proliferation of leukocytes, this element is necessary to support the immune system. Leukocytes are involved in phagocytosis and activation of the respiratory burst, which may be a key factor in sperm damage in the female genital tract. Therefore, being in a close relationship with the hypothalamic-pituitary system, copper regulates the manifestation of sexual reflexes, and supports the quality of sperm production, capacitation, and fertilization processes.

Keywords: *copper, sexual function, males, enzymes, hormones, spermatozoa.*

МЕХАНІЗМИ ВПЛИВУ МІДІ НА ВІДТВОРНУ ЗДАТНІСТЬ САМЦІВ

С. О. Усенко, А. С. Сябро
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Висвітлено дані про вплив Міді на фізіологічні процеси в організмі тварин, зокрема формування статевої функції через активність ензимів та синтез гормонів. Метою огляду було розкрити механізми впливу Міді у забезпеченні функціонування біологічних систем, направлених на формування відтворної функції самців. Встановлено, що провідна роль Міді у фізіологічних та біохімічних процесах обумовлена її ессенціальністю. Для самців характерні гомеостатичні механізми регулювання метаболізму Міді, до яких відносять білки шаперони CCS, COX17 і ATOX1, котрі забезпечують транспортування цього елементу та білки ATP7A і ATP7B, головна функція яких підтримати нормальний рівень цього елементу. Мутації в генах, котрі кодують білки ATP7A та ATP7B, зумовлюють генетичні порушення метаболізму Міді, при яких відмічається дефіцит або надлишок її в організмі. Як підвищення, так і зниження надходження Міді до статевих органів самців призводить до гістологічних змін сім'яників та порушення процесів сперматогенезу. Завдяки окисно-відновним властивостям Міді, вона є кофактором супероксиддисмутази та цитохром-с-оксидази, які тісно пов'язані з функціональною активністю сперматозоїдів. Каталізуючи дисмутацію аніонів супероксиду, супероксиддисмутаза захищає сперматозоїди від негативної дії вільних радикалів у період їх дозрівання під час проходження через придаток сім'яників. Завдяки провідній ролі цитохром-с-оксидази в окисному фосфорилюванні, цей ензим підтримує нормальний рівень АТФ, який є необхідним на всіх етапах сперматогенезу та забезпечує рухливість гамет у статевих шляхах самки. Гіпоталамо-гіпофізарно-гонадна система підтримує нормальний розвиток та функціонування статевих органів самців протягом усього життя. Взаємозалежність метаболізму Міді та функціонування надниркових залоз пов'язана з β-дофамін гідроксилазою – стимулює синтез норадреналіну. Цей катехоламін, діючи як важливий нейротрансмітер, впливає на синтез стероїдних гормонів у сім'яниках, чим забезпечує нормальний розвиток статевих органів. Мідь сприяє скороченню кровоносних судин та гладкої мускулатури кавернозного тіла, норадреналін викликає детумісценцію статевого члена, що є невід'ємною частиною двосторонньої системи еректильної функції. Завдяки провідній ролі Міді у диференціюванні, дозріванні та проліферації лейкоцитів, цей елемент необхідний для підтримки імунної системи. Лейкоцити беруть участь у фагоцитозі та активації респіраторного вибуху, що може бути ключовим фактором пошкодження сперматозоїдів у статевих шляхах самок. Отже, перебуваючи в тісному взаємозв'язку з гіпаталамо-гіпофізарною системою, Мідь регулює прояв статевих рефлексів, підтримує якість спермопродукції, процеси капацитації та запліднення.

Ключові слова: *Мідь, статева функція, самці, ензими, гормони, сперматозоїди.*

Мідь (Cu) відіграє провідну роль у фізіологічних та біохімічних процесах людини, тварин і рослин, що обумовлено її ессенціальністю та водночас токсичністю (в надмірній концентрації) для живого організму. Для більшості видів тварин характерні гомеостатичні механізми для запобігання розвитку дефіциту Cu, регулювання її запасів, виведення та нейтралізації згубної дії. Такі процеси є досить лімітуючими, оскільки як виснаження, так і підвищення рівня вільних аніонів цього мікроелементу порушує активність ензимів, котрі необхідні для перебігу окисно-відновних реакцій, цілісності клітини, накопичення енергії, передачі сигналів, проліферації та захисту від окисного стресу [7].

У дорослих ссавців рідко спостерігається аліментарний дефіцит або надлишок Cu, за винятком сільськогосподарських тварин у відповідних геохімічних зонах із природним високим або низьким вмістом мікроелементів у ґрунті. Швидкість всмоктування Cu, що головно відбувається у дванадцятипалій кишці та тонкому кишечнику, визначають такі параметри, як вид тварин (особливості системи травлення), вік, стать та кількість надходження елементу [13].

Відомо, що у жуйних тварин відсутній ефективний механізм регуляції Cu, що обумовлено низькою її екскрецією з жовчю, через що відбувається надмірне насичення цього елементу печінкою. Саме тому трапляються випадки інтоксикації організму жуйних, особливо в пасовищний період [28]. У свиней та птиці рідко трапляється дефіцит Cu, що зумовлено особливостями їх годівлі (зернові корми). Засвоюваність Cu у відгодівельного молодняку свиней становить від 30 % до 55 %, а зниження цього

показника пов'язано з антагонізмом між мікроелементами. При згодовуванні високих доз цього елементу все більше уваги приділяють біодоступності мінеральних добавок (хелатні сполуки) для зниження вивільнення цих речовин з організму та попередження забруднення довкілля [9].

Дані експериментів G. Lin та інших науковців підтверджують ефективність використання хелатних сполук Cu на показники росту та конверсії корму молодняку свиней порівняно з неорганічною її формою [25, 31, 60]. Встановлено, що підвищене виділення незасвоєної Cu може накопичуватися у грунті та воді, що призводить не лише до зниження врожайності, але й до потенційної токсичності для сільськогосподарських тварин, а отже, й людини.

На клітинному рівні метаболізм Cu, ймовірно, є однаковим для всіх еукаріотів. Перша стадія поглинання Cu в кишечнику складається з відновлення $Cu^{2+} \leftrightarrow Cu^{+}$, що каталізується Cu-редуктазою, яка експресується залозами на щітковій облямівці, для подальшої транслокації її у ентероцити за допомогою специфічного Cu-транспортного білка (CTR1) [28].

CTR1 є основним транспортним білком Cu (близько 70 %) у ентероцитах, а також присутній у значній кількості в гепатоцитах. Відомо, що CTR1 в апікальній мембрані зменшується через деградацію ендосоми, спричиненою посиленою насиченістю Cu [12]. До інших транспортних білків відносять CTR2 та DMT1, однак їх взаємозв'язок з Cu нижчий, ніж у CTR1. Відомо, що найбільший рівень експресії гена CTR1 спостерігається в печінці, тонкій кишці, серці та нирках. Підвищення рівня експресії CTR1 спостерігається також у молочній залозі під час вагітності та лактації, що забезпечує високу життєздатність нащадків [19].

Після поглинання Cu з апікальної мембрани ентероцитів переноситься на білки-шаперони, які беруть участь у підтримці гомеостатичної концентрації елементу та активності ензимів. У ссавців встановлено три цитоплазматичні шаперони: CCS, COX17 і ATOX1.

Шаперон CCS забезпечує доставку Cu до основного антиоксидантного ензиму – супероксиддисмутази (СОД). Зменшення кількості CCS значно знижує активність СОД, тим самим збільшуючи чутливість організму до окисного стресу. З експериментів, котрі були проведені на мишах, встановлено, що при низькому рівні згодовування Cu вміст CCS збільшується, однак рівень CCS мРНК залишається незмінним. Cu-шаперон COX17 транспортує Cu у мітохондріях до цитохром-С-оксидази, яка бере участь у перенесенні енергії від НАДН або ФАДН з утворенням АТФ (Рис. 1). Останній шаперон ATOX1 вважається антиоксидантним білком та забезпечує доставку Cu через цитозоль в апарат Гольджі ентероцитів, а в подальшому до ATP7A та ATP7B [7].

ATP7A та ATP7B відносяться до P1B-субсімейства АТФаз P-типу і каталізують перенесення Cu через мембрани клітин. Схожість послідовності амінокислот ATP7A та ATP7B становить 60 %, що зумовлює їх схожі функції. Експресія гену ATP7A відмічається майже у всіх тканинах організму, окрім печінки, тоді як ATP7B головно виражена в печінці. Внутрішньоклітинна локалізація та Cu-регульований транспорт ATP7A та ATP7B вказує на їх захисну функцію в гомеостазі Cu у клітині [29]. Саме ці дані вказують на генетичну детермінацію обміну Cu як у окремих особин, так і міжвидових особливостях її метаболізму.

Встановлено, що Cu бере участь у передачі сигнальних шляхів, тому ATP7A і ATP7B виконують важливу роль як у фізіологічних, так і патофізіологічних процесах [55]. Мутації в генах, котрі кодують білки ATP7A та ATP7B, призводять до генетичних порушень метаболізму Cu, котрі характеризуються відповідно дефіцитом та надлишком її в організмі [18].

Мутація гену ATP7A призводить до втрати здатності щодо виведення абсорбованої Cu в цитозолі. Надмірне накопичення Cu в ентероцитах провокує порушення її поглинання, тим самим зумовлюючи значний дефіцит цього мікроелементу в організмі та зниження активності таких ензимів, як супероксиддисмутаза Cu/Zn (локалізована в цитозолі), цитохром-С-оксидаза (локалізована в мітохондріях) та тирозиназа [17]. За даними M. R. Haddad, встановлено генетичні порушення експресії ATP7A, змінює концентрацію Cu в периферичній та центральній нервовій системах ембріонів, що призводить до їх загибелі на ранніх стадіях розвитку [10]. Низьке засвоєння Cu в тонкому кишечнику знижує її концентрацію в мозку, печінці та серці, що підвищує смертельні випадки новонароджених мишей [22].

ATP7B забезпечує відтік Міді до печінки (жовчного міхура), тому є головним екскреторним шляхом та головним гомеостатичним механізмом для гомеостазу Cu у всьому організмі [43]. При генетичних порушеннях ATP7B відмічається надмірне накопичення Cu у печінці та підвищена її концентрація у кровотоці, що призводить до надмірної абсорбції цього мікроелементу в інших

тканинах, особливо в головному мозку, спричиняючи при цьому окисний стрес. Патологічні ознаки мутацій ATP7B проявляються у захворюванні печінки та нейропсихіатричних розладах [57].

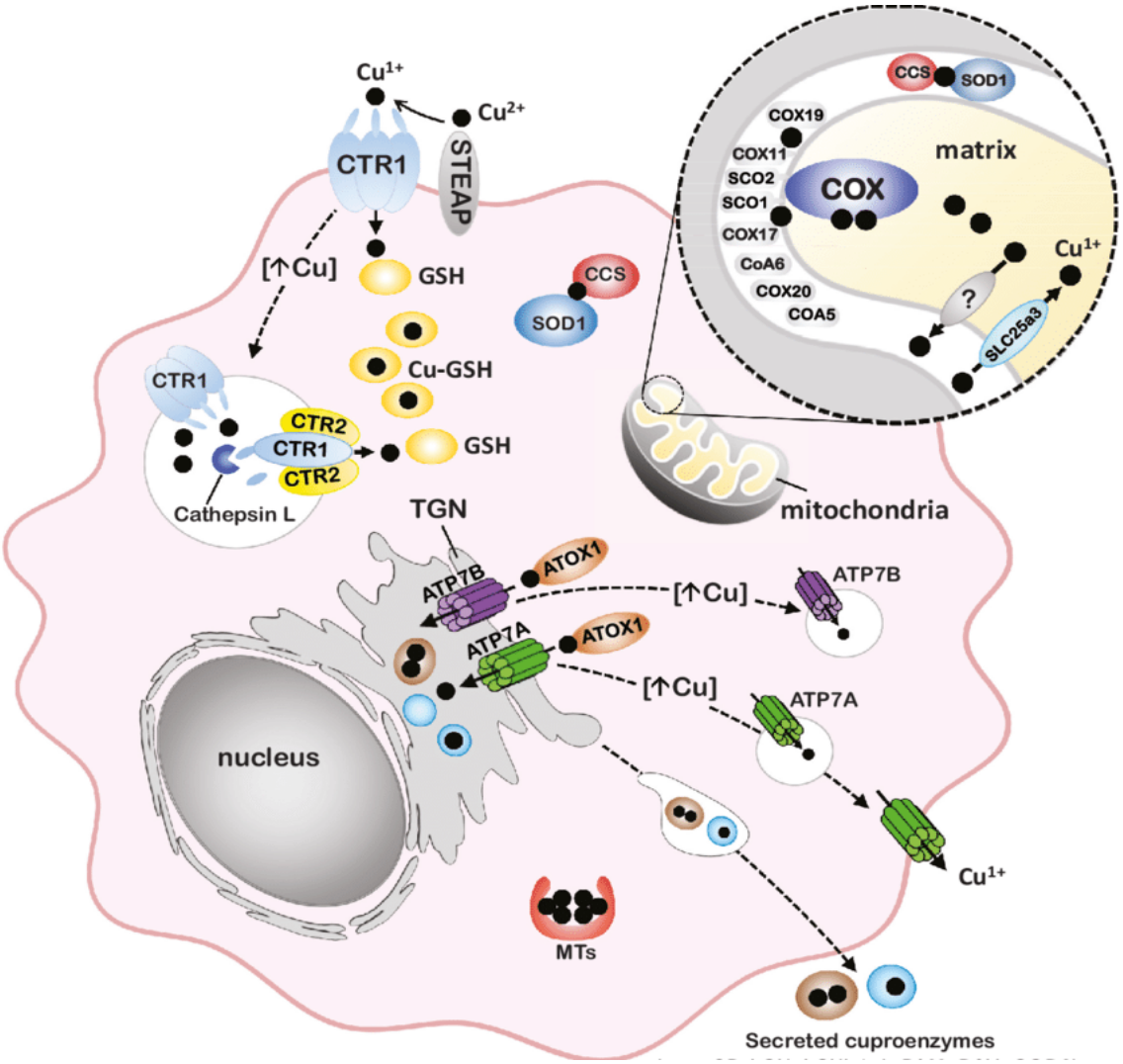


Рис. 1. Клітинний гомеостаз Міді у ссавців за V. C. Shanbhag
Джерело: [47].

Гомеостаз та потреба в Cu невід'ємно пов'язані з віком плідників. З'ясовано, що після народження в поросят насиченість Cu в печінці становить вищі концентрації відносно дорослих тварин. Це обумовлено тим, що протягом перших днів життя у поросят відбувається інтенсивне використання запасів Cu, а її концентрація в молозиві не забезпечує добові потреби. Різка нестача Cu призводить до зниження рівня церулоплазміну, котрий забезпечує метаболізм Заліза та утворення гемоглобіну, що так само призводить до анемії у молодняку.

У перші дні життя поросят добова потреба в Cu їх організму становить у межах від 5 до 10 мг, проте для стимулювання росту у період відгодівлі дозу цього мікроелементу можуть збільшувати до 100–250 мг/кг корму. Збільшення середньодобових приростів молодняку відбувається завдяки кращому споживанню корму. Це обумовлено тим, що Cu бере участь у підвищенні експресії мРНК нейропептиду Y, секретованим гіпоталамусом, який є індуктором підвищення споживання корму та зниження фізичної активності [23]. Мідь також стимулює синтез гормону росту – соматотропіну та бере участь у посттрансляційній модифікації таких регуляторних пептидів, як інсулін, вазопресин, окситоцин, соматостатин [9]. Також встановлено, що Cu бере участь у травленні через підвищення активності ліпази та фосфоліпази А в тонкому кишечнику, що забезпечує засвоєння жирних кислот. За даними L. Lei, додавання Cu у кількості 45 мг/кг до раціону кроленят місячного віку сприяло збільшенню приростів маси тіла завдяки посиленню транскрипції мРНК білків (FABP), що зв'язують

та транспортують жирні кислоти та карнітин-пальмітоїлтрансферази (CPT1, CPT2), котра буре участь у метаболізмі жирних кислот та ліпідів [21].

Стимулюючий ефект Cu на ріст молодих самців також пояснюються її бактеріостатичними та бактерицидними властивостями. Cu знижує ензимну активність бактерій, чим пригнічує їх діяльність. Додаткове згодовування Cu поросятам у період відлучення сприяє зниженню кількості ентерококів у шлунку та збільшенню чисельності лактобацил у сліпій кишці, чим запобігає утворенню розладів травлення [56]. Поросята місячного віку в період відлучення при дії різних стрес-факторів характеризуються високою чутливістю до інфекцій та атрофії ворсинок у кишечнику, що призводить до фізіологічних змін щільності бар'єру кишечника та зумовлює підвищення проникнення токсинів та патогенних мікроорганізмів через ентероцити [58]. Підвищення рівня Cu в раціоні відлучених кнурців сприяє збільшенню висоти ворсинок і зменшує глибину крипт, чим покращує стан кишечника. Також відмічено зниження концентрації діаміноксидази та D-лактату у крові, що є головним маркером ушкодження слизової оболонки [61]. Згодовування Cu відлученим кнурцям і свинкам у кількості від 40 до 120 мг/кг корму збільшує середньодобові прирости, рівень споживання корму та коефіцієнт конверсії корму, що обумовлено підвищенням активності ензимів, які беруть участь у процесах травлення та інгібування шкідливих бактерій у кишечнику [21].

Окрім важливої ролі Cu на загальний стан організму відомий її лімітуючий вплив на становлення репродуктивної здатності самців, а зміни структури сім'яників та процесу сперматогенезу вказують на її дефіцит або надлишок [4, 27]. Результати наших попередніх досліджень підтверджують позитивний вплив згодовування різних доз цитрату Cu на кількісні та якісні показники еякулятів кнурів-плідників та проявляється у збільшенні маси еякуляту, концентрації сперматозоїдів, їх рухливості та виживаності, що відбувається на фоні посилення системи антиоксидантного захисту [49]. Схожі результати щодо впливу Cu на якість спермопродукції були відмічені в дослідженнях A. Majumder. Згодовування бугаям-плідникам Cu в кількості 25 % і 50 % вище норми сприяє збільшенню об'єму еякуляту та концентрації сперматозоїдів. Однак тривале споживання високого рівня Cu (50 %) призводить до порушення цілісності акросоми та мембрани сперматозоїдів [32].

Транспортування Cu до гонад та її зворотній шлях відбувається за допомоги білків. У дослідженнях M. Ogorek з'ясовано, що існує вікова різниця експресії генів Slc31a1 і Slc31a2, у сім'яниках молодих та статево-зрілих самців мишей, котрі кодують транспортні білки CTR1 і CTR2 [38]. CTR1 формує шлях для руху іонів через сім'яні канальці шляхом утворення гомотримерів, чим забезпечує транспорт Cu до клітин Сертолі і зародкових клітин. Експресія CTR1 також була встановлена у сперматогоніальних стовбурових клітинах та сперматоцитах. За результатами S. Herman встановлено, що експресія гена Slc31a1 в сім'яниках мишей починається з 10-го дня постнатального періоду, а його найвищі показники відмічаються в період статевого дозрівання на 18–22-й день (найвища чисельність сперматоцитів). У статево-зрілих самців виявлено збільшення кількості сперматидів та одночасно зниження експресії гена кодуючий транспортний білок [11]. При генетичних порушеннях синтезу CTR1 у самців відмічається зменшення розмірів сім'яників та значне зниження кількості сперматоцитів унаслідок підвищеного рівня апоптозу. Ці дані свідчать про вагому роль CTR1 у формуванні статевої функції та протіканні ранніх етапів сперматогенезу, за рахунок доставки необхідної кількості Cu для правильного перебігу мейотичного поділу сперматогінальних стовбурових клітин [37]. Експресія CTR1 у сім'яниках сприяє нормальному функціонуванню клітин Сертолі в базальному та адлюмінальному компартментах, забезпечуючи при цьому щільність гематотестикулярного бар'єру та оптимальне середовище для розвитку зародкових клітин.

Головною функцією сперматозоїдів є доставка генетичного матеріалу до яйцеклітини, що потребує великої кількості енергії. Рухливість сперматозоїдів головно підтримується за рахунок мітохондріального окисного фосфорилювання, де цитохром-с-оксидазі належить провідна роль [16]. У сім'яниках ссавців відмічається експресія двох типів цитохрому, соматичний (CytcS) і специфічний (CytcT). Сперматогонії, які розташовані вздовж базальної мембрани сім'яних канальців, синтезують лише CytcS, однак починаючи зі стадії прелептотени до сперматоцитів на стадії пахітени CycS знижується, а рівень CytcT підвищується. Починаючи з постмейотичних стадій сперматогенезу до завершення стадії дозрівання, експресія CytcT стає єдиним типом цитохрому с в сім'яниках савців. Цитрохром-с-оксидаза є останнім білком дихального ланцюга. I–III субодиниці цитрохром-с-оксидази як каталітичні центри дві молекули гему (a і a3) і два центри Cu (CuA і CuB) [36, 50].

Окисне фосфорилювання відбувається завдяки тісному зв'язку груп гему та центрів Міді: під час каталізу атом Cu, вбудований у субодиницю II (CuA), є акцептором електронів від цитохрому с, які

спочатку переносяться на молекулу гему, зв'язану в субодиниці I, далі на біметалічний центр a3/CuB та в кінці на молекулу Оксигену (O_2), відновлюючи її до води [53].

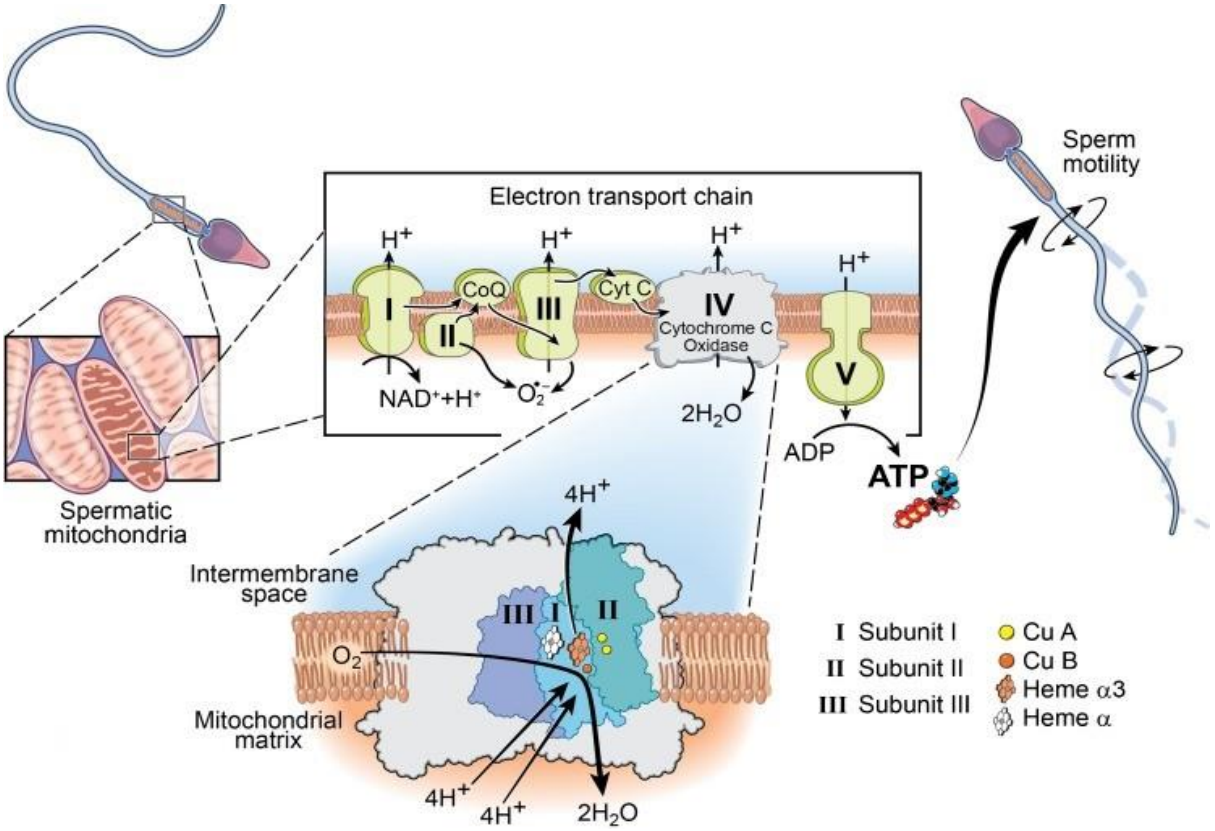


Рис. 2. Окисне фосфорилювання в мітохондріях сперматозоїдів за E. Tvrda *Джерело:* [53].

Хелатні сполуки мікроелементів краще проникають у сперматозоїди та здійснюють коригуючий вплив на інтенсивність окисних процесів. З даних І. М. Яремчук з'ясовано, що для оптимізації окисного метаболізму (дихальна активність) та підтримання рухливості сперматозоїдів під час зберігання, до розріджувачів сперми бугаїв-плідників доцільно додавати 0,004 мг/л Cu-цитрату, що в 20 разів нижче відносно солей цього елементу [59].

Під час дисфункції мітохондріального дихання відбувається посилене продукування супероксид-аніон-радикалів ($O_2^{\bullet-}$) та порушення цілісності мітохондрій, що викликає ланцюгову реакцію (АФО → пошкодження мембран мітохондрій → підвищення утворення АФО) [46]. Про взаємозв'язок фрагментації ДНК з порушенням мітохондріального мембранного потенціалу ($\Delta\Psi_m$), що супроводжується утворенням АФО, повідомляє C. Marchetti [33]. Цілісність структури мітохондрій визначається вмістом цитохрому-С у мембрані органели. Надмірне генерування АФО змінює проникність шарів мембрани та призводить до активації каспази та підвищує апоптоз. У сім'яниках апоптоз статевих клітин на різних стадіях сперматогенезу вважається важливим фізіологічним механізмом, який регулює кількість сперматозоїдів, однак посилення апоптозу призводить до олігозооспермії [62]. За даними A. Agarwal, підвищення рівня цитохрому-С у спермальній плазмі вказує на порушення проникності мембрани мітохондрій під негативною дією АФО [1].

Cu – залежний ензим, супероксиддисмутаза (Cu/Zn-СОД) є головним антиоксидантним ензимом. Каталізуючи дисмутацію аніонів супероксиду ($O_2^{\bullet-}$) на перекис водню (H_2O_2) та кисень (O_2), СОД захищає сперматозоїди від негативної дії вільних радикалів [2]. Рівень експресії гена СОД1 у статевій залозі самців дуже високий порівняно з іншими тканинами організму. Значний рівень мРНК СОД1 встановлений на всіх етапах сперматогенезу, однак активність СОД1 була виявлена лише у придатках сім'яників на фазі дозрівання. Експериментальні дані В. Г. Стояновського також свідчать про істотну різницю активності СОД у спермальній плазмі протягом становлення статевої функції у кнурців [51].

Згідно з даними P. Perumal відомо, що СОД попереджує вивільнення холестерину і фосфоліпідів із цитоплазматичної мембрани сперматозоїдів та пригнічує продукування метаболітів пероксидації, чим

підвищує виживаність статевих клітин та підтверджує позитивну кореляцію рівня цього ензиму у плазмі сперми з функціональною активністю сперматозоїдів [39]. Окрім захисту гамет від окисного стресу СОД запобігає передчасній гіперактивації сперматозоїдів перед еякуляцією [8]. Самці, у яких відсутній ген СОД1 (SOD1-/-KO), мають сім'яники меншого розміру та низьку кількість статевих клітин у придатках. Після еякуляції сперматозоїди менш рухливі та не здатні проникати через прозору оболонку ооцита. Підвищена активність СОД є маркером аномального сперматогенезу та розвитку епідидиму [52].

Збільшення кількості надходження Cu до організму стимулює перебіг реакції Фентона та інтенсифікує каталіз гідроксильного радикалу (OH^-), який має високу реакційну здатність на сперматозоїди [34]. Активні форми Оксигену необхідні для передачі сигналів під час біохімічних процесів і відіграють важливу роль у дозріванні статевих клітин самців та самок, активації сперматозоїдів, акросомній реакції, злитті гамет та розвитку ембріонів [48]. Однак посилене генерування АФО спричиняє виснаження антиоксидантної системи, що призводить до окисного стресу та супроводжується порушенням цілісності мембрани сперматозоїдів та фрагментацією ДНК як на ядерному, так і на мітохондріальному рівнях. Окисне пошкодження ДНК на ранніх стадіях сперматогенезу (період сперматогоній і сперматоцитів) призводить до підвищеного рівня апоптозу та збільшення аномальних форм, а зрілі сперматозоїди втрачають здатність до запліднення, що знижує їх біологічну повноцінність [20, 41]. Згідно з даними В. О. Рокотянської, додавання лактату Cu (3,5 мкг/мл) до сперми кнурів-плідників сприяло підвищенню функціональної активності сперматозоїдів (рухливість та виживаність), що супроводжувалось інтенсифікацією процесів пероксидації та активацією антиоксидантної системи (підвищення активності каталази) [43].

Підвищення накопичення Cu в сім'яниках призводить до гістологічних змін, що проявляється атрофією сім'яних канальці, зменшенням кількості сперматогоніальних клітин і клітин Сертолі, а також зниженні мейотичного індексу. Токсичний вплив високого рівня Cu зумовлює різну ступінь пошкоджень пахітенових сперматоцитів та ранніх сперматид (вакуолізація, каріорексис, пікноз), що призводить до підвищеного рівня апоптозу та високого відсотку аномальних форм зрілих сперматозоїдів [15]. Підвищена насиченість Cu у спермальній плазмі призводить до порушення гліколізу, що пригнічує мітохонріальний потенціал сперматозоїдів, знижує їх рухливість та виживаність [40].

S. Roychoudhury та ін. було проведено дослідження щодо впливу різних доз Cu (*in vitro*) на морфо-функціональний стан сперматозоїдів та доведено негативний вплив високої концентрації CuSO4 на морфологію гамет. Переважна більшість аномалій представлені порушенням акросоми та закрученим джгутиком [44]. Також встановлено, що підвищена концентрація Cu у насінній плазмі відмічається у самців з олігозооспермією, астенозооспермією та азооспермією. Згідно з даними В. П. Рибалко, додавання до основного раціону кнурів-плідників лактатів мікроелементів (Cu, Zn, Fe, Se) у кількості 10 % вище норми сприяє підвищенню рухливості сперматозоїдів з одночасним зниженням їх аномальних форм, що підвищує запліднюючу здатність свиноматок, а отже, й біологічну повноцінність гамет [45]. При цьому встановлено, що у самців з дефіцитом Cu відмічається зниження об'єму еякуляту, концентрації сперматозоїдів та їх рухливості. Головно це зумовлено порушенням розвитку сім'яних канальців та роботи клітин Сертолі [53]. Дослідження P. Horky вказують на незначний вплив згодовування антиоксидантної добавки (вітаміни E і C, Cu, Se) на якість спермопродукції кнурів-плідників, однак нестача будь-якого компоненту вітамінно-мінеральної добавки негативно позначається на рухливості сперматозоїдів [14].

Встановлена взаємозалежність метаболізму Cu та функціонування надниркових залоз. Наднирники беруть участь у екскреції Cu, а отже й у підтримці гомеостазу в печінці, запобігаючи її надлишок в організмі. Відсутність надниркових залоз (хірургічне втручання) у молодих самців негативно позначається на формуванні статевої функції та проявляється атрофією клітин Лейдіга (зниження рівня тестостерону) і порушенням сперматогенезу, що загалом зумовлено підвищеною насиченістю Cu у тканинах сім'яників. У наднирниках відмічається експресія специфічних Cu-ензимів, які беруть участь у синтезі катехоламінів і нейропептидів. До таких ензимів відносять β-дофамін гідроксилазу, яка здійснює перетворення дофаміну в норадреналін. Рівновага між катехоламінами, особливо дофаміном та норадреналіном, змінюється при порушеннях метаболізму Cu [30].

З даних S. Cellek з'ясовано, що еректильна функція статевого члена залежить від двох систем: норадренергічної та нітрергічної нейротрансмісій. Після вивільнення з симпатичних нервів

норадреналін сприяє скороченню кровоносних судин та гладкої мускулатури кавернозного тіла, що призводить до детумісценції. Оксид азоту (NO), що вивільняється з адренергічних нервів, спричиняє розслаблення гладкої мускулатури кавернозного тіла, чим забезпечує затримку крові, сприяючи ерекції [3]. Ці дані вказують на те, що забезпечуючи синтез норадреналіну, Cu є фізіологічним медіатором еректильної функції.

Гіпоталамо-гіпофізарно-гонадна система підтримує нормальний розвиток та функціонування статевих органів самців протягом усього життя. Норадреналін, діючи як важливий нейротрансмітер, впливає на синтез та секрецію різних гормонів цієї системи, зокрема фолікулостимулюючого гормону (ФСГ) та лютеїнізуючого гормону (ЛГ), котрі які є ключовими у становленні та регулюванні статевої функції. Згідно з даними X. Li, встановлено, що посилений рівень норадреналіну в організмі кнурців (в період становлення статевої зрілості) сприяє посиленню синтезу ФСГ та ЛГ у гіпофізі через андроцерептор β2AR [24]. У сім'яниках, рецептори ФСГ знаходяться на мембрані клітин Сертолі, а рецептори ЛГ – на клітинах Лейдіга, тому вони регулюють синтез тестостерону та забезпечують нормальний сперматогенез [5].

Встановлено, що Cu не лише забезпечує гомеостаз в організмі, але й необхідна для підтримки імунної функції завдяки її провідній ролі у диференціюванні, дозріванні та проліферації лейкоцитів, особливо нейтрофілів [6]. Дія нейтрофілів розпочинається з активації хемотаксису (напрямок до місця запалення), прикріплення до ендотелію та трансміграцію через ендотелій, де вони беруть участь у фагоцитозі та активації респіраторного вибуху, що може бути основним фактором пошкодження сперматозоїдів у статевих шляхах самок. Дефіцит Cu викликає зменшення кількості циркулюючих нейтрофілів [35]. Згідно з даними E. Ventimiglia, існує взаємозв'язок з підвищеним рівнем нейтрофілів, викликане слабким системним запаленням з виникненням еректильної дисфункції [55].

Висновки

Аналіз експериментальних даних, висвітлених у низці наукових праць, свідчить про актуальність вибраної теми, мета якої – з'ясувати нові механізми впливу Міді на формування відтворної функції самців. Встановлено, що здатність організму самців засвоювати Мідь із довкілля, обумовлюється низкою факторів (наявність у кормах, вік, фізіологічний стан), де ключовим залишається генетична властивість, яка значною мірою визначає біодоступність цього елементу та шляхи використання. Мідь, перебуваючи в тісному взаємозв'язку з гіпаталамо-гіпофізарною системою, регулює функціональну активність статевої системи, що забезпечує поведінку, прояв статевих рефлексів, формування і активацію сперматозоїдів, а також регулює процеси капацитації і запліднення яйцеклітин. Це потребує подальших експериментів, спрямованих на нормування мінерального живлення самців у період становлення статевої функції самців та залежно від інтенсивності їх використання.

Перспективи подальших досліджень. Перспективним напрямом залишається визначення ДНК – маркерів прогнозування забезпеченості організму Міддю та встановлення асоціації з репродуктивною здатністю ссавців. І тепер є актуальним розроблення ефективних норм та засобів, спрямованих на забезпечення формування та функціонування статевої системи ссавців, які сприятимуть кращому засвоєнню цього елементу та зменшенню забруднення довкілля, а отже, зниження негативної дії на організм людини.

References

1. Agarwal, A., & Prabakaran, S. A. (2005). Oxidative stress and antioxidants in male infertility: a difficult balance. *Iranian Journal of Reproductive Medicine*, 3 (1), 1–8.

2. Celino, F. T., Yamaguchi, S., Miura, C., Ohta, T., Tozawa, Y., Iwai, T., & Miura, T. (2011). Tolerance of Spermatogonia to Oxidative Stress Is Due to High Levels of Zn and Cu/Zn Superoxide Dismutase. *PLoS ONE*, 6 (2): e16938. doi: 10.1371/journal.pone.0016938

3. Cellek, S. (2000). Nitrergic-noradrenergic interaction in penile erection: a new insight into erectile dysfunction. *Drugs Today*, 36 (2-3), 135–146. doi: 10.1358/dot.2000.36.2-3.568787

4. Chen, H., Kang, Z., Qiao, N., Liu, G., Huang, K., Wang, X., Pang, C., Zeng, Q., Tang, Z., & Li, Y. (2020). Chronic Copper Exposure Induces Hypospermatogenesis in Mice by Increasing Apoptosis Without Affecting Testosterone Secretion. *Biological Trace Element Research*, 195, 472–480. doi: 10.1007/s12011-019-01852-x

5. Darbandi, M., Darbandi, S., Agarwa, A., Sengupta, P., Durairajanayagam, D., Henkel, R., & Sadeghi, M. R. (2018). Reactive oxygen species and male reproductive hormones. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 16, 87. doi: 10.1186/s12958-018-0406-2

6. Djoko, K. Y., Ong, C. Y., Walker, M. J., & McEwan, A. G. (2015). The Role of Copper and Zinc toxicity in innate immune defense against bacterial pathogens. *The Journal of Biological Chemistry*, 290 (31), 18954–18961.

7. Doguer, C., Ha, J. H., & Collins, J. F. (2018). Intersection of Iron and Copper Metabolism in the Mammalian Intestine and Liver. *Comprehensive Physiology*, 8 (4), 1433–1461. doi: 10.1002/cphy.c170045

8. Esakky, P., Hansen, D. A., Drury, A. M., & Moley, K. H. (2012). Molecular analysis of cell type-specific gene expression profile during mouse spermatogenesis by laser microdissection and qRT-PCR. *Reproductive Sciences*. doi: 10.1177/1933719112452939

9. Espinosa, C. D., & Stein, H. H. (2021). Digestibility and metabolism of copper in diets for pigs and influence of dietary copper on growth performance, intestinal health, and overall immune status: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12, 13. doi: 10.1186/s40104-020-00533-3

10. Haddad, M. R., Patel, K. D., Sullivan, P. H., Goldstein, D. S., Murphy, K. M., Centeno, J. A., & Kaler, S. G. (2014). Molecular and biochemical characterization of Mottled-dappled, an embryonic lethal Menkes disease mouse model. *Molecular Genetics and Metabolism*, 113, 294–300. doi: 10.1016/j.ymgme.2014.10.001

11. Herman, S., Lipinski, P., Ogorek, M., Starzynski, R., Grzmil, P., Bednarz, A., & Lenartowicz, M. (2020). Molecular Regulation of Copper Homeostasis in the Male Gonad during the Process of Spermatogenesis. *International Journal of Molecular Sciences*, 21, 9053. doi: 10.3390/ijms21239053

12. Hill, G. M., & Link, J. E. (2009). Transporters in the absorption and utilization of zinc and copper. *Journal of Animal Science*, 87, 85–89. doi: 10.2527/jas.2008-1341

13. Hill, G. M., & Shannon, M. C. (2019). Copper and Zinc Nutritional Issues for Agricultural Animal Production. *Biological Trace Element Research*, 188, 148–159. doi: 10.1007/s12011-018-1578-5

14. Horky, P., Skladanka, J., Nevrkla, P., & Slama, P. (2015). Effect of diet supplemented with antioxidants (selenium, copper,vitamins E and C) on antioxidant status and ejaculate quality of breeding boars. *Annals of Animal Science*, doi: 10.1515/aoas-2015-0085

15. Javed, M., & Michael, E. (2014) Healthy birth after use of sperm from a male who suffered from Copper toxicity. *Cureus*, 6 (5), e180. doi: 10.7759/cureus.180

16. Kantsler, V., Dunkel, J., Blayney, M., & Goldstein, R. E. (2014). Rheotaxis facilitates upstream navigation of mammalian sperm cells. *Physics of Living Systems*, 3, e02403. doi: 10.7554/eLife.02403.001

17. Kodama, H., Fujisawa C., & Bhadhprasit, W. (2012). Inherited copper transport disorders: biochemical mechanisms, diagnosis, and treatment. *Current Drug Metabolism*, 13 (3), 237–250.

18. Kostina, O. V., Presnyakova, M. V., & Albitskaya, Zh. V. (2020). Biologicheskaya rol medi v patogeneze rasstrojstv autisticheskogo spektra u detej: obzor literatury. *Ekologiya Cheloveka*, 4, 42–47. doi: 10.33396/1728-0869-2020-4-42-47 [In Russian].

19. Kuo, Y. M., Gybina, A. A., Pyatskowit, J. W., Gitschier, J., & Prohaska, J. R. (2006). Copper transport protein (Ctr1) levels in mice are tissue specific and dependent on copper status. *Journal of Nutrition*, 136 (1), 21–26. doi: 10.1093/jn/136.1.21

20. Kurkowska, W., Bogacz, A., Janiszewska, M., Gabrys, E., Tiszler, M., Bellanti F., Kasperczyk, S., Machon-Grecka, A., Dobrakowski, M., & Kasperczyk, A. (2020). Oxidative stress is associated with reduced sperm motility in normal semen. *American Journal of Men's Health*, 14 (5), 1557988320939731. doi:10.1177/1557988320939731

21. Lei, L., Xiaoyi, S., & Fuchang, L. (2017). Effect of dietary copper addition on lipid metabolism in rabbits. *Food & Nutrition Research*, 61 (1), 1348866. doi: 10.1080/16546628.2017.1348866

22. Lenartowicz, M., Grzmil, P., Shoukier, M., Starzynski, R., Marciniak, M., & Lipinski, P. (2012). Mutation in the CPC motif-containing 6th transmembrane domain affects intracellular localization, trafficking and copper transport efficiency of ATP7A protein in mosaic mutant mice an animal model of Menkes disease. *Metallomics*, 4, 197–204. doi: 10.1039/c1mt00134e

23. Li, J., Yan, L., Zheng, X., Liu, G., Zhang, N., & Wang, Z. (2008). Effect of high dietary copper on weight gain and neuropeptide Y level in the hypothalamus of pigs. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 22, 33–38. doi: 10.1016/j.jtemb.2007.10.003

24. Li, X., Li, H., Zhang, D., Xu, G., Zhang, J., & Cui, S. (2020). miR-7 mediates the signaling pathway of NE affecting FSH and LH synthesis in pig pituitary. *Journal of Endocrinology*, 244 (3), 459–471. doi: 10.1530/JOE-19-0331

25. Lin, G., Guo, Y., Liu, B., Wang, R., Su, X., Yu, D., & He, P. (2020). Optimal dietary copper requirements and relative bioavailability for weanling pigs fed either copper proteinate or tribasic copper chloride. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11, 54. doi: 10.1186/s40104-020-00457-y

26. Link, J. E. (2009). Transporters in the absorption and utilization of zinc and copper. *Journal of Animal Science*, 87, 85–89. doi: 10.2527/jas.2008-1341

27. Liu, J. Y., Yang, X., Sun, X. D., Zhuang, C. C., Xu, F. B., & Li, Y. F. (2016). Suppressive Effects of Copper Sulfate Accumulation on the Spermatogenesis of Rats. *Biological Trace Element Research*, 174, 356–361. doi: 10.1007/s12011-016-0710-7

28. Lopez-Alonso, M., & Miranda, M. (2020). Copper supplementation, a challenge in cattle. *Animals*, 10, 1890. doi: 10.3390/ani10101890

29. Lutsenko, S., Barnes, N. L., Bartee, M. Y., & Dmitriev, O. Y. (2007). Function and Regulation of Human Copper-Transporting ATPases. *Physiological Reviews*, 87 (3), 1011–1046. doi: 10.1152/physrev.00004.2006

30. Lutsenko, S., Washington-Hughes, C., Ralle, M., & Schmidt, K. (2019). Copper and the brain noradrenergic system. *Journal of Biological Inorganic Chemistry*, 24 (8), 1179–1188. doi: 10.1007/s00775-019-01737-3

31. Ma, Y. L., Zanton, G. I., Zhao, J., Wedekind, K., Escobar, J., & Vazquez-Anon, M. (2015). Multitrial analysis of the effects of copper level and source on performance in nursery pigs. *Journal of Animal Science*, 93 (2), 606–614. doi: 10.2527/jas.2014-7796

32. Majumder, A., Thakur, M., Bhakat, M., Saha, M., Mohanty, T., & Mondal, G. (2020). Effect of Dietary Copper and Zinc Supplementation on Semen Quality of Murrah Bulls. *Indian Journal of Animal Research*, B-3887, 1–5. doi: 10.18805/ijar.B-3887

33. Marchetti, C., Obert, G., Deffosez, A., Formstecher, P., & Marchetti, P. (2005). Study of mitochondrial membrane potential, reactive oxygen species, DNA fragmentation and cell viability by flow cytometry in human sperm. *Human Reproduction*, 17 (5), 1257–1265. doi: 10.1093/humrep/17.5.1257

34. Mario, M. (2014). Abnormal Copper homeostasis: mechanisms and roles in neurodegeneration. *Toxics*, 2 (2), 327–345. doi: 10.3390/toxics2020327

35. Munoz, C., Rios, E., Olivos J., Brunser, O., & Olivares, M. (2007). Iron, copper and immunocompetence. *British Journal of Nutrition*, 98 (l), 24–28. doi: 10.1017/S0007114507833046

36. Narisawa, S., Hecht, N. B., Goldberg, E., Boatright, K. M., Reed, J. C., & Millan, J. L. (2002). Testis-specific cytochrome c-null mice produce functional sperm but undergo early testicular atrophy. *Molecular and Cellular Biology*, 22 (15), 5554–5562. doi: 10.1128/MCB.22.15.5554-5562.2002

37. Ogorek, M., Gasior, L., Pierzchala, O., Daszkiewicz, R., & Lenartowicz, M. (2017). Role of copper in the process of spermatogenesis. *Postepy Higieny i Medycyny Doswiadczalnej*, 71, 662–680. doi: 10.5604/01.3001.0010.3846

38. Ogorek, M., Lenartowicz, M., Starzynski, R., Jonczy, A., Staron, R., Doniec, A., Krzeptowski, W., Bednarz, A., Pierzchala, O., & Lipinski P. (2017). Atp7a and Atp7b regulate copper homeostasis in developing male germ cells in mice. *Metallomics*, 9, 1288–1303. doi: 10.1039/C7MT00134G

39. Perumal, P. (2014). Effect of superoxide dismutase on semen parameters and antioxidant enzyme activities of liquid Stored (5∘C) Mithun (Bos frontalis) Semen. *Journal of Animals*, doi: 10.1155/2014/821954

40. Pesch, S., Bergmann, M., & Bostedt, H. (2006). Determination of some enzymes and macro- and microelements in stallion seminal plasma and their correlations to semen quality. *Theriogenology*, 66 (2), 307–313. doi: 10.1016/j.theriogenology.2005.11.015

41. Pintus, E., & Ros-Santaella, J. L. (2021). Impact of oxidative stress on male reproduction in domestic and wild animals. *Antioxidants*, 10 (7), 1154. doi: 10.3390/antiox10071154

42. Reed, E., Lutsenko, S., & Bandmann, O. (2018). Animal models of Wilson disease. *Journal of Neurochemistry*, 146, 356–373. doi: 10.1111/jnc.14323

43. Rokotianska, V. O. (2020). Osoblyvosti prooksydantno-antyoksydantnoho homeostazu u spermi knuriv-plidnykiv za korektsii vitaminno-mineralnoho zhyvlennia. *Candidate's thesi*s. Lviv: Lvivskyi natsionalnyi universytet veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S. Z. Gzhytskoho [In Ukrainian].

44. Roychoudhury, S., Massanyi, P., Bulla, J., Choudhury, M.D., Straka, L., Lukac, N., Formicki, G., Dankova, M., & Bardos, L. (2010). In vitro copper toxicity on rabbit spermatozoa motility, morphology and cell membrane integrity. *Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 45 (12), 1482–1491. doi: 10.1080/10934529.2010.506092

45. Rybalko, V. P., Usenko, S. A., Shostya, A. M., Tenditnik, V. S., Ilchenko, M. A., & Smyslov, S. Yu. (2020). Ispolzovanie laktatov mikroelementov dlya povysheniya sohranyaemoj spermy hryakov. *Zootehniya*, 7, 23–32. doi: 10.25708/ZT.2020.15.53.007 [In Russian].

46. Sanocka, D., & Kurpisz, M. (2004). Reactive oxygen species and sperm cells. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 2, 12.

47. Shanbhag, V. C., Gudekar, N., Jasmer, K., Papageorgiou, C., Singh, K., & Petris, M. J. (2021). Copper metabolism as a unique vulnerability in cancer. *Molecular Cell Research,* 118893. doi: 10.1016/j.bbamcr.2020.118893

48. Shostia, A. M. (2009). Rol aktyvnykh form kysniu v rehuliatsii spermatohenezu ta zaplidnenni u ssavtsiv. *Ukrainskyi Biokhimichnyi Zhurnal*, 81 (1), 14–22. [In Ukrainian].

49. Siabro, A. S. (2021) Prooksydantno-antyoksydantnyi homeostaz ta vidtvoriuvalna zdatnist knuriv-plidnykiv za vplyvu tsytratu midi. *Biolohiia Tvaryn,* 23 (2), 12–18. [In Ukrainian].

50. Srinivasan, S., & Avadhani, N. G. (2012). Cytochrome c oxidase dysfunction in oxidative stress. *Free Radical Biology and Medicine*, 53, 1252–1263. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2012.07.021

51. Stoianovskyi, V. H., Shostia, A. M., & Usenko, S. O. (2015). Prooksydantno-antyoksydantnyi homeostaz u plazmi ta spermi knurtsiv ukrainskoi stepovoi biloi porody. *Naukovo-Tekhnichnyi Biuleten IT NAAN*, 113, 309–318. [In Ukrainian].

52. Tsunoda, S., Kawano, N., Miyado, K., Kimura, N., & Fujii, J. (2012). Impaired Fertilizing Ability of Superoxide Dismutase 1-Deficient Mouse Sperm During In Vitro Fertilization. *Biology of Reproduction*, 87 (5), 1–6. doi: 10.1095/biolreprod.112.102129

53. Tvrda, E., Peer, R., Sikka, S. C., & Agarwal, A. (2015). Iron and copper in male reproduction: a double-edged sword. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 32, 3–16, doi: 10.1007/s10815-014-0344-7

54. Veldhuis, N. A, Gaeth, A. P., Pearson, R. B., Gabriel, K., & Camakaris, J. (2009). The multi-layered regulation of copper translocating P-type ATPases. *BioMetals*, 22 (1), 177–190. doi: 10.1007/s10534-008-9183-2

55. Ventimiglia, E., Cazzaniga, W., Pederzoli, F., Frego, N., Chierigo, F., & Capogrosso, P. (2018). The role of neutrophil-to-lymphocyte ratio in men with erectile dysfunction-preliminary findings of a real-life cross-sectional study. *Andrology*, 6 (4), 559–563. doi: 10.1111/andr.12489

56. Wang, M. Q., Du, Y. J., Wang, C., Tao, W. J., He, Y. D., & Li, H. (2012). Effects of copper-loaded chitosan nanoparticles on intestinal microflora and morphology in weaned piglets. *Biological Trace Element Research*, 149, 184–189. doi: 10.1007/s12011-012-9410-0

57. Wang, X., Garrick, M. D., & Collins, J. F. (2019). Animal Models of Normal and Disturbed Iron and Copper Metabolism. *The Journal of Nutrition,* 149, 2085–2100. doi: 10.1093/jn/nxz172

58. Wijtten, P. J., Meulen, J., & Verstegen, M. W. (2011). Intestinal barrier function and absorption in pigs after weaning: a review. *British Journal of Nutrition*, 105, 967–981. doi: 10.1017/S0007114510005660

59. Yaremchuk, I. M., Bodnar, Yu. V., Kuzmina, N. V., Petrukh, I. M., Sharan, M. M., & Ostapiv, D. D. (2017). Intensyvnist okysnykh protsesiv ta yakist spermiiv buhaiv za dodavannia v rozridzhuvach nanosuktsynativ mikroelementiv. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii im*. S. Z. Gzhytskoho, 19 (77), 185–189. [In Ukrainian].

60. Zhao, J., Allee, G., Gerlemann, G., Ma, L., Gracia, M. I., & Parker, D. (2014). Effects of a chelated copper as growth promoter on performance and carcass traits in pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27 (7), 965–973. doi: 10.5713/ajas.2013.13416

61. Zhao, J., Harper, A. F., Estienne, M. J., Webb, K. E., McElroy, A. P., & Denbow, D. M. (2007). Growth performance and intestinal morphology responses in early weaned pigs to supplementation of antibiotic-free diets with an organic copper complex and spray-dried plasma protein in sanitary and nonsanitary environments. *Journal of Animal Science*, 85, 1302–1310. doi: 10.2527/jas.2006-434

62. Zhu, Z., Umehara, T., Okazaki, T., Goto, M., Fujita, Y., Hoque, S. A. M., Kawai, T., Zeng, W., & Shimada, M. (2019). Gene expression and protein synthesis in mitochondria enhance the duration of high-speed linear motility in boar sperm. *Frontiers in Physiology*, 10, 252. doi: 10.3389/fphys.2019.00252

Стаття надійшла до редакції: 20.03.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Усенко С. О., Сябро А. С. Механізми впливу міді на відтворну здатність самців. *Вісник ПДАА*. 2022. № 2. С. 186–196.

© Усенко Світлана Олексіївна, Сябро Альона Сергіївна, 2022

Agriculture. Animal breeding
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 636.4.082 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.23**

EFFICIENCY OF USING SOME POLYCOMPONENT MATHEMATICAL MODELS OF SELECTION INDICES FOR EVALUATION OF YOUNG PIGS FOR FATTENING AND MEAT QUALITIES

V. Khalak[1] ORCID 0000-0002-4384-6394
B. Gutyj[2] ORCID 0000-0002-5971-8776
M. Il'chenko[3]* ORCID 0000-0003-0163-1384
A. Shostya[4] ORCID 0000-0002-1475-2364
S. Usenko[4] ORCID 0000-0001-9263-5625
P. Petulko[3] ORCID 0000-0001-7614-165X

[1] State Institution the Institute of Grain Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 14, Vernadskoho str., Dnipro, 49009, Ukraine,
[2] Stepan Gzhytskyj Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, 50, Pekarska Str., Lviv, 79010, Ukraine
[3] Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 1, Shvedska Mohyla str., Poltava, 36013, Ukraine
[4] Poltava State Agricultural University, Poltava, 36003, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: v16kh91@gmail.com, mariia1984poltava@gmail.com

How to Cite

Khalak, V., Gutyj, B., Il'chenko, M., Shostya, A., Usenko, S., & Petulko, P. (2022). Efficiency of using some polycomponent mathematical models of selection indices for evaluation of young pigs for fattening and meat qualities. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 197–204. doi: 10.31210/visnyk2022.02.23

The paper presents the results of studies of some fattening and meat qualities of young pigs of different interbreeding differentiation according to some multicomponent mathematical models and calculates the correlations between traits and economic efficiency of research results. The research was conducted in agricultural formations of the Dnipropetrovsk region, the "Jazz" meat-packing plant, and the livestock laboratory of the State Institution Institute of Grain Crops of NAAS. The work was performed according to the research program of NAAS No. 30, "Innovative technologies of breeding, industrial and organic production of pig products ("Pig"). Evaluation of young pigs of large white breed for fattening and meat qualities was carried out taking into account the following indicators: the average daily increase in live weight during the period of control fattening, g; the age of achievement of live weight of 100 kg, days; fat thickness at the level of 6–7 thoracic vertebrae, mm; length of the chilled carcass, cm; length of bacon half of chilled half-carcass, cm. Control fattening of young pigs was carried out on the farm according to M. D. Berezovsky, I. V. Khatko (2005) method. The cost of additional products was calculated according to the "Methods for determining economic efficiency…" (1983), biometric indicators – according to Kovalenko V. P., etc. (2010). It was found that young pigs of the controlled population at the age of 100 kg, fat thickness at the level of 6–7 thoracic vertebrae, and the length of the chilled carcass correspond to the elite class. Young pigs of the I experimental group of interbreeding differentiation on the indices "Iв", "I", and "И" on average outperformed peers of III and II groups at the age of 100 kg by 4.07, the thickness of the fat at the level of 6–7 thoracic vertebrae – 13.57 and the length of chilled carcasses – 1.22 %. There was no significant difference between the groups in the length of the bacon half of the chilled carcass. The criteria for selection of highly productive animals according to the indices "Iв", "I" and "И" are indicators 214.89–242.85, 585.67–8337.69, and 0.054–1.164 points, respectively. The significant correlations between

young white pigs' breeding indices, fattening, and meat qualities are 53.33 %. This indicates the effectiveness of the use of these indices in breeding work. The maximum increase in additional products was obtained from young animals of the I experimental group of interbreeding differentiation according to the index "Iв" (+3.98 %), "I" (+4.40 %), and "И" (+1.27 %).

Key words: *young pigs, fattening and meat qualities, mathematical model, index, correlation, economic efficiency.*

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ДЕЯКИХ ПОЛІКОМПОНЕНТНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СЕЛЕКЦІЙНИХ ІНДЕКСІВ ДЛЯ ОЦІНКИ МОЛОДНЯКУ СВИНЕЙ ЗА ВІДГОДІВЕЛЬНИМИ І М'ЯСНИМИ ЯКОСТЯМИ

***В. І. Халак*[1], *Б. В. Гутий*[2], *М. О. Ільченко*[3], *А. М. Шостя*[4], *С. О. Усенко*[4], *П. В. Петулько*[3]**

[1] Державна установа «Інститут зернових культур НААН», м. Дніпро, Україна

[2] Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна

[3] Інститут свинарства і АПВ НААН, м. Полтава, Україна

[4] Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

У роботі наведено результати досліджень деяких відгодівельних і м'ясних якостей молодняку свиней різної внутріпородної диференціації за деякими полікомпонентними математичними моделями, розраховано рівень кореляційних зв'язків між ознаками та економічну ефективність результатів досліджень. Дослідження проведено в агроформуваннях Дніпропетровської області, м'ясокомбінаті «Джаз» та лабораторії тваринництва Державної установи Інститут зернових культур НААН. Роботу виконано згідно з програмою наукових досліджень НААН № 30 «Інноваційні технології племінного, промислового та органічного виробництва продукції свинарства («Свинарство»). Оцінку молодняку свиней великої білої породи за відгодівельними і м'ясними якостями проводили з огляду на такі показники: середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі, г; вік досягнення живої маси 100 кг, діб; товщина шпику на рівні 6–7 грудних хребців, мм; довжина охолодженої туші, см; довжина беконної половини охолодженої півтуші, см. Контрольну відгодівлю молодняку свиней проводили в умовах господарства за методикою М. Д. Березовського, І. В. Хатька (2005). Вартість додаткової продукції розраховували згідно з «Методикою визначення економічної ефективності…» (1983), біометричні показники – за Коваленко В. П. та ін. (2010). Встановлено, що молодняк свиней підконтрольної популяції за віком досягнення живої маси 100 кг, товщиною шпику на рівні 6–7 грудних хребців та довжиною охолодженої туші відповідають класу еліта. Молодняк свиней І піддослідної групи внутріпородної диференціації за індексами «Iв», «I» та «И» в середньому переважав ровесників ІІІ та ІІ груп за віком досягнення живої маси 100 кг на 4,07, товщиною шпику на рівні 6–7 грудних хребців – 13,57 та довжиною охолодженої туші – 1,22 %. Суттєвої різниці між групами за довжиною беконної половини охолодженої туші не встановлено. Критерієм відбору високопродуктивних тварин за індексами «Iв», «I» та «И» є показники 214,89–242,85, 585,67–8337,69 та 0,054–1,164 бала відповідно. Кількість достовірних кореляційних зв'язків між селекційними індексами, відгодівельними і м'ясними якостями молодняку свиней великої білої породи становить 53,33 %. Зазначене свідчить про ефективність використання цих індексів у селекційно-племінній роботі. Максимальну прибавку додаткової продукції одержано від молодняку І піддослідної групи внутріпородної диференціації за індексом «Iв» (+3,98 %), «I» (+4,40 %) та «И» (+1,27 %).

Ключові слова: *молодняк свиней, відгодівельні і м'ясні якості, математична модель, індекс, кореляція, економічна ефективність.*

Вступ

До економічно важливих ознак у свиней поряд із відтворювальними якостями кнурів-плідників та свиноматок належать відгодівельні та м'ясні якості їх потомства [1–11]. Згідно з Інструкцією з бонітування свиней, оцінку молодняку свиней за відгодівельними і м'ясними якостями проводять за такими показниками: вік досягнення живої маси 100 кг, товщина шпику на рівні 6–7 грудних хребців, довжина охолодженої туші та витрати корму на 1 кг приросту [12]. Аналіз результатів досліджень

свідчить, що за цими показниками молодняк свиней різних порід та генотипів в Україні переважають мінімальні вимоги до класу «еліта» в середньому на 8,93 % [13–16]. Так, за даними Онишенко Л. В. молодняк свиней червоної білопоясої породи досягає живої маси 100 кг за 176,0 діб, що на 5,88 % менше порівняно з мінімальними вимогами класу «еліта» для тварин другої групи [14]. Результати дослідження Краснощока О. О. свідчать, що довжина охолодженої туші у молодняку свиней великої білої породи становить 96,9 см, а товщина шпику на рівні 6–7 грудних хребців коливається в межах від 24,9 до 25,7 мм [15]. Зазначені показники на 13,59 % менші порівняно з мінімальними вимогами класу «еліта» для тварин першої групи.

Вищезазначене свідчить, що актуальним питанням у селекції свиней є розробка та впровадження нової системи оцінки племінної цінності тварин основного стада за відгодівельними і м'ясними якостями їх потомства або пошук більш ефективних методів відбору високопродуктивних тварин.

Мета роботи – дослідити ефективність використання деяких полікомпонентних математичних моделей селекційних індексів для оцінки молодняку свиней за відгодівельними і м'ясними якостями; розрахувати рівень кореляційних зв'язків між ознаками та економічну ефективність результатів досліджень.

Матеріал і методи досліджень

Експериментальну частину досліджень проведено в агроформуваннях Дніпропетровської області, м'ясокомбінаті «Джаз» та лабораторії тваринництва Державної установи Інститут зернових культур НААН. Роботу виконано згідно з програмою наукових досліджень НААН № 30 «Інноваційні технології племінного, промислового та органічного виробництва продукції свинарства («Свинарство»).

Об'єктом дослідження був молодняк свиней великої білої породи угорського походження. Оцінку тварин за відгодівельними і м'ясними якостями проводили зважаючи на такі показники: середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі, г; вік досягнення живої маси 100 кг, діб; товщина шпику на рівні 6–7 грудних хребців, мм; довжина охолодженої туші, см; довжина беконної половини охолодженої півтуші, см [17].

Комплексну оцінку молодняку свиней за відгодівельними і м'ясними якостями проводили за такими математичними моделями селекційних індексів:

$$Iв=100 + (242 \times K) – (4,13 \times L) \quad (1)$$

де: *Iв* – індекс Тайлера, бала, *K* – середньодобовий приріст живої маси, кг;
L - товщина шпику на рівні 6-7 грудних хребців, мм; 242; 4,13 – постійні коефіцієнти [18];

$$I = 100 + (100 \times (СП - СПх) – (194 \times (ТШ – ТШх)) \quad (2)$$

де: *I* – селекційний індекс, бала, *СП* – середньодобовий приріст живої маси, г; $СП_х$ – середнє значення середньодобового приросту живої маси молодняку свиней популяції, г; *ТШ* – товщина шпику на рівні 6–7 грудних хребців, мм; $ТШ_х$ – середнє значення товщини шпику на рівні 6–7 грудних хребців молодняку свиней популяції, мм (цит. за [19]);

$$И=((1/G_п) \times Δ_п)) – ((1/G_ш) \times Δ_ш)) \quad (3)$$

де: *И* – селекційний індекс, бала, $G_п$ – середнє квадратичне відхилення ознаки «середньодобовий приріст живої маси, г»; $G_ш$ – середнє квадратичне відхилення ознаки «товщина шпику на рівні 6–7 грудних хребців, мм»; $Δ_п$ *та* $Δ_ш$ – відхилення індивідуальної ознаки від середньопопуляційної величини (цит. за [19]).

Вартість додаткової продукції [20] та біометричні показники [21] розраховували згідно із загальноприйнятими методиками.

Результати досліджень та їх обговорення

Аналіз результатів контрольної відгодівлі молодняку свиней великої білої породи свідчить (n=45), що середньодобовий приріст живої маси тварин за обліковий період становить 781,0±5,78 г (Cv=4,97 %), вік досягнення живої маси 100 кг – 177,3±0,77 діб (Cv=2,93 %), товщина шпику на рівні

6–7 грудних хребців – 20,7±0,32 мм (Cv=10,36 %), довжина охолодженої туші – 96,5±0,58 см (Cv=1,71 %), довжина беконної половини охолодженої півтуші – 85,5±0,58 см (Cv=3,54 %). Значення індексу «Ів» дорівнює – 149,29±1,78 бала (Cv=7,95 %). Індекси "І" та "И" коливаються у межах – 8530,25 – +8337,69 та –0,776 – +1,164 бала відповідно.

Результати дослідження відгодівельних і м'ясних якостей молодняку свиней підконтрольної популяції, зважаючи на внутріпородну диференціацію за полікомпонентними математичними моделями селекційних індексів, наведено в таблицях 1–3.

Комплексна оцінка молодняку свиней за відгодівельними і м'ясними якостями з використанням індексу Тайлера (3) показала, що молодняк свиней І групи (Ів=214,89-242,85 бала) переважав ровесників ІІІ (Ів=178,89-192,72 бала) за середньодобовим приростом живої маси за період контрольної відгодівлі на 70,7 г (td=6,77; p<0,001), віком досягнення живої маси 100 кг – 8,9 доби (td=5,63; p<0,001), товщиною шпику на рівні 6–7 грудних хребців – 4,6 мм (td=6,76; p<0,001), довжиною охолодженої туші – 2,0 см (td=4,16; p>0,001), довжиною беконної половини охолодженої туші, см – 2,2 см (td=2,03; p>0,05).

1. Відгодівельні і м'ясні якості молодняку свиней великої білої породи різної внутріпородної диференціації за індексом «Ів» (індекс Тайлера)

Показники	Біометричні показники	Градації індексу Тайлера		
		214,89-242,85	195,52-213,54	178,89-192,72
		Група		
		I	II	III
Середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі, г	*n*	*11*	*21*	*13*
	X±*Sx*	813,4±9,28	788,0±7,19	742,7±4,78
	σ±$X_σ$	30,78±6,562	32,95±5,084	17,26±3,390
	Cv±Sc_v, %	3,79±0,808	4,18±0,645	2,32±0,499
Вік досягнення живої маси 100 кг, діб	*X*±*Sx*	172,5±1,08	177,4±0,94	181,4±1,16
	σ±$X_σ$	3,58±0,763	4,33±0,668	4,18±0,821
	Cv±Sc_v, %	2,08±0,443	2,45±0,378	2,31±0,453
Товщина шпику на рівні 6–7 грудних хребців, мм	*X*±*Sx*	18,3±0,63	20,7±0,23	22,9±0,28
	σ±$X_σ$	2,11±0,449	1,05±0,162	1,03±0,202
	Cv±Sc_v, %	11,49±2,449	5,10±0,787	4,53±0,889
Довжина охолодженої туші, см	*n*	*4*	*16*	*7*
	X±*Sx*	97,7±0,25	96,5±0,46	95,7±0,42
	σ±$X_σ$	0,50±0,177	1,85±0,327	1,11±0,296
	Cv±Sc_v, %	0,51±0,180	1,92±0,339	1,16±0,310
Довжина беконної половини охолодженої півтуші, см	*X*±*Sx*	86,2±0,81	85,7±0,89	84,0±0,73
	σ±$X_σ$	1,63±0,578	3,57±0,631	1,78±0,474
	Cv±Sc_v, %	1,88±0,667	4,17±0,738	2,12±0,566

Використання індексів «І» (4) та «И» (5) для оцінки молодняку свиней за відгодівельними і м'ясними якостями показало, що молодняк свиней І групи переважав ровесників ІІ за середньодобовим приростом живої маси за період контрольної відгодівлі на 67,5 (td=11,86; p<0,001) і 25,1 г (td=2,20; p<0,05), віком досягнення живої маси 100 кг – 9,3 (td=7,62; p<0,001) і 4,0 доби (td=2,58; p<0,05), товщиною шпику на рівні 6–7 грудних хребців – 1,3 (td=2,20; p<0,05) і 3,3 мм (td=8,91; p<0,001).

2. Відгодівельні і м'ясні якості молодняку свиней великої білої породи різної внутріпородної диференціації за індексом «І»

Показники, одиниці виміру	Біометричні показники	Градації індексу «І»	
		585,67-8337,69	-8530,25 - -341,11
		Група	
		I	II
Средньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі, г	*n*	*21*	*24*
	X±*Sx*	817,0±4,59	749,5±3,38
	σ±$X_σ$	21,06±3,250	16,60±3,261
	Cv±Sc_v, %	2,57±0,396	2,22±0,436
Вік досягнення живої маси 100 кг, діб	*X*±*Sx*	173,1±0,84	182,4±0,90
	σ±$X_σ$	3,86±0,595	4,45±0,874
	Cv±Sc_v, %	2,22±0,342	2,47±0,485
Товщина шпику на рівні 6–7 грудних хребців, мм	*X*±*Sx*	20,0±0,34	21,3±0,49
	σ±$X_σ$	1,57±0,242	2,42±0,475
	Cv±Sc_v, %	7,85±1,211	11,36±2,231
Довжина охолодженої туші, см	*n*	*14*	*13*
	X±*Sx*	97,0±0,52	95,9±0,27
	σ±$X_σ$	1,97±0,372	1,00±0,196
	Cv±Sc_v, %	2,04±0,385	1,04±0,204
Довжина беконної половини охолодженої півтуші, см	*X*±*Sx*	85,8±0,74	84,7±0,92
	σ±$X_σ$	2,79±0,527	3,33±0,654
	Cv±Sc_v, %	3,26±0,616	3,93±0,770

3. Відгодівельні і м'ясні якості молодняку свиней великої білої породи різної внутріпородної диференціації за індексом «И»

Показники, одиниці виміру	Біометричні показники	Градації індексу «И»	
		0,054-1,164	-0,776 - -0,179
		Група	
		I	II
Средньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі, г	*n*	*27*	*18*
	X±*Sx*	791,1±6,98	766,0±9,07
	σ±$X_σ$	36,28±4,942	38,49±3,6,415
	Cv±Sc_v, %	4,59±0,625	5,02±0,0,836
Вік досягнення живої маси 100 кг, діб	*X*±*Sx*	176,1±0,94	180,1±1,24
	σ±$X_σ$	4,89±0,667	5,26±0,876
	Cv±Sc_v, %	2,78±0,378	2,94±0,490
Товщина шпику на рівні 6–7 грудних хребців, мм	*X*±*Sx*	19,4±0,33	22,7±0,21
	σ±$X_σ$	1,71±0,232	0,89±0,148
	Cv±Sc_v, %	8,82±1,201	3,94±0,657
Довжина охолодженої туші, см	*n*	*17*	*10*
	X±*Sx*	96,7±0,36	96,2±0,59
	σ±$X_σ$	1,52±0,260	1,87±0,418
	Cv±Sc_v, %	1,57±0,269	1,95±0,436
Довжина беконної половини охолодженої півтуші, см	*X*±*Sx*	85,9±0,76	84,7±0,84
	σ±$X_σ$	3,23±0,554	2,65±0,592
	Cv±Sc_v, %	3,76±0,644	3,13±0,700

Різниця між групами за довжиною охолодженої туші становить 1,1 (td=2,20; p<0,05) і 0,5 см (td=0,73; p>0,05), довжиною беконної половини охолодженої туші – 1,1 (td=1,17; p>0,05) і 1,2 см (td=1,07; p>0,05).

Коефіцієнт мінливості (Cv, %) ознак, що характеризують відгодівельні і м'ясні якості молодняку свиней різної внутріпородної диференціації за полікомпонентними математичними моделями селекційних індексів коливається в межах від 0,51 до 11,49 %.

За допомогою кореляційного аналізу встановлено, що зв'язок між селекційними індексами, відгодівельними і м'ясними якостями у молодняку свиней змінюється як за напрямком, так і силою (табл. 4).

4. Кореляційні зв'язки між селекційними індексами, відгодівельними і м'ясними якостями у молодняку свиней великої білої породи

Селекційний індекс / ознака		Біометричні показники	
x	***y***	r ± Sr	Tr
Ів, бала	*1*	0,595±0,0963***	6,18
	2	-0,677±0,0808***	8,39
	3	-0,923±0,0222***	41,54
	4	0,298±0,1360*	2,19
	5	0,155±0,1457	1,06
І, бала	*1*	0,995±0,014***	720,88
	2	-0,738±0,0679***	10,87
	3	-0,424±0,1225**	3,46
	4	0,268±0,1385	1,94
	5	0,093±0,1480	0,63
И, бала	*1*	0,342±0,1318*	2,59
	2	-0,222±0,1419	1,56
	3	0,266±0,1387	1,92
	4	0,264±0,1389	1,90
	5	0,019±0,1492	0,13

Примітки: 1 – середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі, г; 2 – вік досягнення живої маси 100 кг, діб; 3 – товщина шпику на рівні 6–7 грудних хребців, мм; 4 – довжина охолодженої туші, см; 5 – довжина беконної половини охолодженої півтуші, см; * – p>0,05, ** – p>0,01, *** – p>0,001.

Достовірні показники коефіцієнту кореляції встановлено між такими парами ознак: індекс «Ів» × середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі (r=+0,595); індекс «Ів» × вік досягнення живої маси 100 кг (r=-0,677); індекс «Ів» × товщина шпику на рівні 6–7 грудних хребців (r=-0,923); індекс «Ів» × довжина охолодженої туші; (r=+0,298), індекс «І» × середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі (r=+0,995); індекс «І» × вік досягнення живої маси 100 кг (r=-0,738); індекс «Ів» × товщина шпику на рівні 6–7 грудних хребців (r=-0,424); індекс «И» × середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі (r=+0,342).

Розрахунки економічної ефективності результатів досліджень свідчать, що максимальну прибавку додаткової продукції одержано від молодняку свиней І піддослідної групи внутріпородної диференціації за індексом «Ів» (+3,98 %), «І» (+4,40 %) та «И» (+1,27 %) (табл. 5).

5. Економічна ефективність результатів досліджень

Група	n	Середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі, г	Прибавка додаткової продукції, %	Вартість додаткової продукції, грн/гол*
Загальна вибірка	45	781,0±5,78	–	–
внутріпородна диференціація за індексом «Ів»				
III	13	742,7±4,78	-4,90	-248,34
II	21	788,0±7,19	+0,88	+43,61
I	11	813,4±9,28	+3,98	+191,82
внутріпородна диференціація за індексом «І»				
II	24	749,5±3,38	-4,03	-205,38
I	21	817,0±4,59	+4,40	+212,80
внутріпородна диференціація за індексом «И»				
II	18	766,0±9,07	-1,92	-96,61
I	27	791,1±6,98	+1,27	+62,48

Примітки: * – ціна реалізації молодняку свиней на час проведення досліджень дорівнювала 47,7 грн за 1 кг живої маси.

Вартість додаткової продукції у тварин зазначених груп становить +191,82, +212,80 і +60,48 грн/гол. відповідно.

Висновки

1. Відгодівельні і м'ясні якості молодняку свиней підконтрольної популяції за віком досягнення живої маси 100 кг (177,3±0,77 діб), товщиною шпику на рівні 6–7 грудних хребців (20,7±0,32 мм) та довжиною охолодженої туші (96,5±0,58 см) відповідають класу еліта.

2. Встановлено, що молодняк свиней І піддослідної групи внутріпородної диференціації за індексами «Ів», «І» та «И» в середньому переважав ровесників ІІІ та ІІ груп за віком досягнення живої маси 100 кг на 4,07, товщиною шпику на рівні 6–7 грудних хребців – 13,57 та довжиною охолодженої туші – 1,22 %. Суттєвої різниці між групами за довжиною беконної половини охолодженої туші не встановлено.

3. Критерієм відбору високопродуктивних тварин за індексами «Ів», «І» та «И» є показники 214,89–242,85, 585,67–8337,69 та 0,054–1,164 бала відповідно.

4. Кількість достовірних кореляційних зв'язків між селекційними індексами, відгодівельними і м'ясними якостями молодняку свиней великої білої породи становить 53,33 %. Вищезазначене свідчить про ефективність використання цих індексів у селекційно-племінній роботі.

5. Максимальну прибавку додаткової продукції одержано від молодняку І піддослідної групи внутріпородної диференціації за індексом «Ів» (+3,98 %), «І» (+4,40 %) та «И» (+1,27 %).

Перспективи подальших досліджень. Подальшу роботу буде спрямовано на проведення досліджень відгодівельних і м'ясних якостей молодняку свиней різних порід, поєднань та генотипів, визначених на основні ДНК-маркерів.

References

1. Ahapova, Ye. M., & Susol, R. L. (2015). Kharakterystyka svynei zavodskoho typu Prychornomorskyi za vidhodivelnymy ta miasnymy yakostiamy. *Rozvedennia i Henetyka Tvaryn*, 49, 57–62. [In Ukrainian].

2. Berezovskyi, M. D. (1978). Do metodyky otsinky knuriv i matok u stadi i vykorystanniam selektsiinykh indeksiv. *Svynarstvo*, 28, 23–24. [In Ukrainian].

3. Berezovskyi, M. D., Vashchenko, P. A., & Manko, O. A. (2008). Novyi metod vyznachennia prepotentnosti knuriv-plidnykiv. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 4, 43–45. [In Ukrainian].

4. Vashchenko, P. A. (2012). Vyznachennia pleminnoi tsinnosti svynei riznymy metodamy. *Efektyvne Tvarynnytstvo*, 1, 37–39. [In Ukrainian].

5. Kovalenko, V. P., & Pelykh, V. H. (2002). Komponenty fenotypovoi minlyvosti reproduktyvnykh yakostei svynei z vrakhuvanniam velykoplidnosti i vyrivnianosti hnizda. *Visnyk Ahrarnoi Nauky Prychornomoria*, 3 (17), 178–185. [In Ukrainian].

6. Khalak, V., Dudchak, I., Gutyj, B., Stadnytska, O., Vakulik, V., Pundiak, T., Zmiia, M., Slepokura, O., Bordun, O., Smyslov, S. (2021). Some biochemical indicators of serum, fattening, and meat quality of young pigs of different classes of distribution according to the Sazer-Fredin index. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (7), 6–13. doi: 10.15421/20 21_236

7. Khalak, V. I., & Ivanina, O. P. (2021). Fattening and Meat Qualities of the Different Genotypes Large White Breed Young Pigs for the Gene MC4R Melanocortin Receptor and their Relationship with Some Biochemical Parameters of Blood Serum. *In Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 24 (6), 47–60. doi: 10.48077/scihor.23(9).2020.30-37.

8. Hryshyna, L. P., & Krasnoshchok, O. O. (2018). Vidhodivelni yakosti chystoporodnoho, pomisnoho i hibrydnoho molodniaku svynei. Svynarstvo. *Mizhvidomchyi Tematychnyi Naukovyi Zbirnyk Instytutu Svynarstva i APV NAAN*, 71, 35–41. [In Ukrainian].

9. Tsereniuk, O. M. (2010). Efekt heterozysu pry retsyproknomu skhreshchuvanni porid velyka bila ta landras. *Visnyk Ahrarnoi Nauky Prychornomoria*, 1 (2), 66–70. [In Ukrainian].

10. Koivula, M., Strandén, I., Su, G., & Mäntysaari, E. A. (2012). Different methods to calculate genomic predictions – Comparisons of BLUP at the single nucleotide polymorphism level (SNP-BLUP), BLUP at the individual level (G-BLUP), and the one-step approach (H-BLUP). *Journal of Dairy Science*, 95 (7), 4065–4073.

11. Henderson, C. R. (1963). Selection index and expected genetic advance in Hansson and Robinson. *Statistical Zenetics and Plant Breeding*, 141, 830–836.

12. *Instruktsiia z bonituvannia svynei; Instruktsiia z vedennia pleminnoho obliku u svynarstvi*. (2003). Kyiv: «Kyivskyi universytet» [In Ukrainian].

13. Khramkova, O. M. (2021). Hospodarsko-biolohichni osoblyvosti, adaptatsiini osoblyvosti svynei irlandskoho pokhodzhennia ta yikh vykorystannia za riznykh metodiv rozvedennia. *Extended abstract of candidate's thesis*. Mykolaiv [In Ukrainian].

14. Onyshchenko, L. V. (2019). Fenotypovyi proiav spadkovykh oznak potomkiv chervonoi bilopoiasoi porody svynei zalezhno vid intensyvnosti rostu yikh batkiv v period vyroshchuvannia. *Extended abstract of candidate's thes*is. Poltava [In Ukrainian].

15. Krasnoshchok, O. O. (2020). Formuvannia produktyvnosti svynei v zalezhnosti vid metodiv rozvedennia ta intensyvnosti rostu. *Extended abstract of candidate's thesis*. Poltava [In Ukrainian].

16. Susol, R. L. (2014). *Vykorystannia svynei velykoi biloi porody populiatsii Odeskoho rehionu z pidvyshchenymy miasnymy yakostiamy u systemi»henotyp × seredovyshche»: Metodychni rekomendat*sii. Odesa [In Ukrainian].

17. Berezovskyi, M. D., & Khatko, I. V. (2005). Metodyky otsinky knuriv i svynomatok za yakistiu potomstva v umovakh pleminnykh zavodiv i pleminnykh reproduktoriv. *Suchasni Metodyky Doslidzhen u Svynarstvi*, 32–37 [In Ukrainian].

18. Vashchenko, P. A. (2019). Prohnozuvannia pleminnoi tsinnosti svynei na osnovi liniinykh modelei selektsiinykh indeksiv ta DNK-markeriv. *Extended abstract of candidate's thesis*. Mykolaiv [In Ukrainian].

19. Hetia, A. A. (2009). Orhanizatsiia selektsiinoho protsesu v suchasnomu svynarstvi: Monohrafiia. Poltava: Poltavskyi literator [In Ukrainian].

20. *Metodika opredelenija jekonomicheskoj jeffektivnosti ispol'zovanija v sel'skom hozjajstve rezul'tatov nauchno-issledovatel'skih rabot, novoj tehnologii, izobretenij i racionalizatorskih predlozhenij*. (1983). Moskva: VAIIPI [In Russian].

21. Kovalenko, V. P., Khalak, V. I., Nezhlukchenko, T. I., & Papakina, N. S. (2010). *Biometrychnyi analiz minlyvosti oznak silskohospodarskykh tvaryn i ptytsi. Navchalnyi posibnyk z henetyky silskohospodarskykh tvaryn*. Kherson: Oldi [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 22.04.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Халак В. І., Гутий Б. В., Ільченко М. О., Шостя А. М., Усенко С. О., Петулько П. В. Ефективність використання деяких полікомпонентних математичних моделей селекційних індексів для оцінки молодняку свиней за відгодівельними і м'ясними якостями. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 197–204.

© Халак Віктор Іванович, Гутий Богдан Володимирович, Ільченко Марія Олександрівна, Шостя Анатолій Михайлович, Усенко Світлана Олексіївна, Петулько Павло Володимирович

Agriculture. Animal breeding
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 612.3;591.132 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.24**

THE EFFECT OF COMPLEX FEED SUPPLEMENT ON IRON METABOLISM IN THE ORGANISM OF REARING PIGLETS

O. Myronenko ORCID 0000-0002-6067-3755
V. Usachova* ORCID 0000-0002-5866-7006

Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody St., Poltava, 36003, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: valentyna.usachova@gmail.com

How to Cite

Myronenko, O., & Usachova, V. (2022). The effect of complex feed supplement on iron metabolism in the organism of rearing piglets. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 205–211. doi: 10.31210/visnyk2022.02.24

At present, it is known about the effect of various factors, in particular, macro- and micro-elements on the processes of metabolism, digestion of feed nutrients and physiological condition of pigs. Iron is an important microelement affecting the optimal level of hemoglobin, and in case of its deficit in the organism of piglets, results in anemia and further growth retardation. The results of our own studies as to the peculiarities of iron metabolism in piglets after weaning at administering non-traditional complex feed supplement (CFS) in the diet were presented in the article. The CFS is composed of liprot, purple coneflower and dry mineral concentrate (is received as a result of mixing mineralized (stratum) water and wheat siftings with further moisture drying to 14-15 %). The purpose of our research was to study the impact of CFS on iron metabolism in rearing piglets' organism. The investigations were conducted at the Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, in the laboratories of Embryos Reproduction Physiology and Transplantation, Zoo-Technical Analysis, and the Institute's experimental basis. To study iron content in the chime of piglets' different sections of gastro-intestinal tract, the method of binding fistulas on the stomach, empty intestines and ileum was used. Two groups of weaned piglets – control and experimental – were formed. The results of CFS's effect on iron concentration in the chime of different sections of gastro-intestinal tract, iron balance in the piglets' organism, the coefficient of its digestibility, iron content in the piglets' blood at 45 and 105 days of age were presented. During the experiment, the productivity of piglets was studied. It has been established that the digestion of crude protein, crude fat, and crude fiber in the piglets of the experimental group almost did not differ from the control group, while better reliable results were obtained as to the digestibility of dry matter – by 2.42 % ($p \leq 0.05$), organic matter – by 1.97 % ($p \leq 0.05$), and iron digestibility – by 1.76 % ($p \leq 0.05$). As a result of the conducted experiments, it has been established the use of diets containing CFS assisted in improving the piglets' digestion. Iron digestibility in the organism of the experimental animals was by 1.78 % higher than in the control piglets and made 62.89% and 61.11%, respectively. Adding CFS to the diet of young animals raised iron content in the blood serum by 74.86 %. In the process of feeding the CFS to the rearing piglets, the positive effect of the supplement on their growth was registered, which was confirmed by the reliable increase in the average daily weight gain by 17.7 % ($p \leq 0.001$).

Key words: *rearing piglets, feed supplement, iron metabolism, liprot, stratum water, chime, gastro-intestinal tract, coefficient of digestibility, digestibility, blood indices, average daily weight gain.*

ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОЇ КОРМОВОЇ ДОБАВКИ НА ОБМІН ЗАЛІЗА В ОРГАНІЗМІ ПОРОСЯТ НА ДОРОЩУВАННІ

О. І. Мироненко, В. Є. Усачова
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

На сьогодні відомо про вплив різних факторів, зокрема макро- і мікроелементів на процеси обміну речовин, перетравність поживних речовин корму та фізіологічний стан свиней. Залізо є важливим мікроелементом, який впливає на оптимальний рівень гемоглобіну, а перебуваючи у стані дефіциту в організмі поросят, призводить до анемії з подальшою затримкою росту. У статті викладені матеріали власних досліджень щодо особливості обміну заліза у поросят після відлучення при введенні в раціони нетрадиційної комплексної кормової добавки (ККД). До складу ККД входить ліпрот, ехінацея пурпурова та сухий мінеральний концентрат (отримують у результаті змішування мінералізованої (пластової) води і пшеничних висівок з подальшим висушуванням вологи до 14–15 %). Метою наших досліджень було з'ясувати вплив ККД на обмін заліза в організмі поросят на дорощуванні. Дослідження проводили на базі Інституту свинарства і АПВ НААН України в лабораторіях фізіології відтворення і трансплантації ембріонів, зоотехнічного аналізу та експериментальній базі інституту. Для вивчення вмісту заліза в хімусі різних відділів шлунково-кишкового тракту поросят використовували методику накладання фістул на шлунок, порожню та клубову кишки. Було сформовано дві групи поросят після відлучення – контрольна та дослідна. Представлені результати впливу ККД на концентрацію заліза в хімусі різних відділів шлунково-кишкового тракту, баланс заліза в організмі поросят, коефіцієнти його засвоєння, вміст заліза у крові поросят у 45-и та 105-и денному віці. Протягом досліду вивчали продуктивність поросят. Встановлено, що перетравлення сирого протеїну, сирого жиру, сирої клітковини у поросят дослідної групи майже не відрізнялося від контрольної групі, тоді як отримані кращі достовірні результати перетравності ними сухої речовини – на 2,42 % ($p \leq 0,05$), органічної речовини – на 1,97 % ($p \leq 0,05$) та БЕР – на 1,76 % ($p \leq 0,05$). У результаті проведених досліджень встановлено, що використання раціонів з комплексною кормовою добавкою сприяло покращенню травлення в поросят. Засвоєння заліза в організмі дослідних тварин було на 1,78 % більше, ніж у контрольних і складало 62,89 % та 61,11 % відповідно. Введення до раціонів молодняку свиней ККД підвищило вміст заліза в сироватці крові на 74,86 %. У процесі згодовування комплексної кормової добавки поросятам на дорощуванні визначена позитивна дія добавки на стан їхнього росту, що підтверджено достовірним підвищенням середньодобових приростів на 17,7 % ($p \leq 0,001$).

Ключові слова: *поросята на дорощуванні, кормова добавка, обмін заліза, ліпрот, пластова вода, хімус, шлунково-кишковий тракт, коефіцієнти перетравності, засвоєння, показники крові, середньодобовий приріст.*

Вступ

Висока продуктивність свиней можлива лише у разі збалансованої годівлі, зокрема за мінеральними речовинами. Макро- та мікроелементи поряд із протеїнами, жирами та вуглеводами відіграють важливу роль у метаболічних процесах, які відбуваються в організмі тварин на клітинному рівні. Вони підтримують гомеостаз міжклітинної рідини та фізико-хімічний стан протеїнів, забезпечують необхідну кислотно-лужну рівновагу та осмотичний тиск між кров'ю і позаклітинною рідиною [1, 6, 21].

Аналіз літературних даних показує, що останніми роками з'явилося багато пропозицій застосування різних добавок до раціонів поросят. Наукові дослідження з вивчення впливу кормових добавок на обмін речовин в організмі поросят проводяться вченими в цьому напрямі [2, 4, 15, 22, 26, 27, 29].

Завдяки дослідженням низки вітчизняних та іноземних учених накопичена кількість матеріалу з питань впливу різних факторів, зокрема макро- і мікроелементів на процеси обміну речовин у тварин, перетравність поживних речовин корму та фізіологічний стан свиней [10, 11, 12, 17, 19, 20, 23, 24, 28]. Вплив нетрадиційних кормових добавок на мінеральний обмін, зокрема обмін заліза в організмі поросят, вивчено недостатньо, тому дослідження впливу комплексної кормової добавки (ККД) на

основі ліпроту, ехінацеї пурпурової та сухого мінерального концентрату на обмін заліза в організмі поросят на дорощуванні є актуальним і викликає теоретичний і практичний інтерес [7, 8].

Мета цієї роботи – виявлення впливу ККД на обмін заліза в організмі поросят на дорощуванні. Відповідно, для досягнення мети дослідження потрібно виконати такі *завдання*:

- охарактеризувати вплив комплексної кормової добавки на концентрацію заліза у хімус різних відділів шлунково-кишкового тракту;
- визначити баланс заліза в організмі тварин та коефіцієнти його засвоєння;
- з'ясувати показники вмісту заліза у крові поросят у 45-и і 105-и денному віці;
- дослідити показники продуктивності піддослідних тварин.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили на базі Інституту свинарства і АПВ НААН України в лабораторіях фізіології відтворення і трансплантації ембріонів, зоотехнічного аналізу та експериментальній базі інституту.

У фізіологічному обмінному досліді вивчали вплив комплексної кормової добавки на обмін заліза в організмі молодняку свиней. Дослід проводили за методикою М. А. Коваленка [13]. У експериментах були використані поросята після відлучення та розділені на групи за методом аналогів. Годівля поросят здійснювалася згідно з нормами годівлі свиней відповідного віку.

Для вивчення вмісту заліза у хімусі різних відділів шлунково-кишкового тракту поросят використовували методику накладання фістул на порожню та клубову кишки і шлунок за О. В. Квасницьким.

У сироватці крові та хімусі шлунково-кишкового тракту вміст заліза визначали методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії.

Приріст тварин визначали на основі зважування на початку та в кінці підготовчого та основного періодів, розраховували живу масу тварин, їх середньодобові прирости та абсолютний приріст.

Біометрична обробка даних проведена за Н. А. Плохінським із використанням комп'ютерних програм MS Excel.

Результати досліджень та їх обговорення

Для одержання достовірних даних завжди використовували тварин контрольних і дослідних груп, яких годували однаковим комбікормом, що містив кукурудзу, пшеницю, ячмінь, горох, пшеничні висівки, кісткове борошно і соняшниковий шрот з додаванням у дослідній групі комплексної кормової добавки. Вміст заліза в раціонах піддослідних тварин складав 178,4 мг.

Аналізуючи результати досліджень, враховували концентрацію заліза у хімусі різних відділів шлунково-кишкового тракту, динаміку його під час голодної проби і впродовж травлення спожитого корму, баланс заліза в організмі поросят, а також гематологічні показники.

Концентрація заліза в хімусі протягом досліду змінювалася (табл. 1). Найвища концентрація його склала 1042,96 мкмоль/л (в хімусі шлунку) через дві години після прийому корму. У дослідній групі кількість заліза збільшилася на 18,0 % ($p \leq 0,001$) порівняно з контрольною групою. Далі концентрація заліза поступово вірогідно знижувалася (через чотири та шість годин після годівлі), хоча і не перевищувала рівня її до прийому корму. У порожній кишці рівень заліза в хімусі поступово зменшився порівняно зі шлунком.

1. Динаміка концентрації заліза у хімусі різних відділів шлунково-кишкового тракту піддослідних поросят, M±m, n=20

Відбір проб через різні інтервали, год.	n	Групи	
		контрольна, ОР	дослідна, ОР з ККД
Шлунок			
0	6	730,91±21,67	847,08±30,45**
2	6	883,74±29,73	1042,96±26,86***
4	6	847,72±26,68	974,07±24,36**
6	6	634,73±18,80	719,21±29,37*
У середньому	*24*	*774,28±28,52*	*869,83±30,64***

Порожня кишка			
0	6	552,70±15,19	643,33±12,69***
2	6	704,10±17,70	778,60±15,73
4	6	654,37±17,88	720,82±14,30*
6	6	466,97±16,80	548,64±15,03**
У середньому	*24*	*594,54±27,16*	*672,84±26,09*
Клубова кишка			
0	6	618,85±13,07	704,88±19,85**
2	6	756,58±21,49	851,14±14,51**
4	6	713,77±17,91	799,50±17,40**
6	6	539,21±31,70	596,76±19,40
У середньому	*24*	*657,10±24,71*	*738,07±26,51**

Примітки: інтервали: одиниці виміру концентрації Fe – мкмоль/л; 0 – зразки до годівлі, 2, 4, 6 – через 2, 4, та 6 год. після прийому корму; n – кількість зразків; ступінь вірогідності − *p<0,05, − **p<0,01, − ***p<0,001 − порівняно з показником у поросят контрольної групи.

Встановлено, що до прийому корму у тварин, які одержували ККД концентрація заліза збільшилася на 16,4 % (p≤0,001) порівняно з контролем. Порівняно з порожньою кишкою рівень вмісту заліза в хімусі клубової кишки підвищувався: до прийому корму на 13,9 % (p≤0,01), через дві години після годівлі – на 12,5 % (p≤0,01), через чотири години – на 12,0 % (p≤0,01) проти контрольної групи.

Встановлено, що через шість годин після годівлі концентрація заліза у поросят дослідної групи вірогідно збільшувалася відносно контролю (рис.). Порівняно з порожньою кишкою рівень вмісту заліза в хімусі клубової підвищувався: через дві години після годівлі на 12,5 % (p≤0,01), через чотири години на 12,0 % (p≤0,01) відносно контрольної групи.

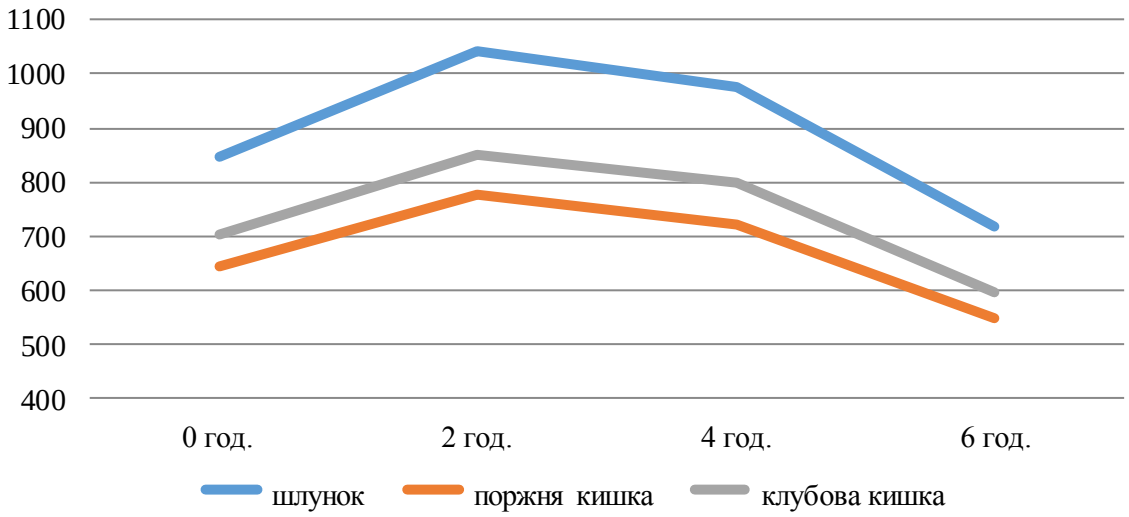


Рис. 1. Динаміка концентрації заліза в окремих відділах шлунково-кишкового тракту під час дії ККД через різні інтервали відбору проб хімусу

З метою визначення балансу заліза та коефіцієнти його засвоєння в організмі поросят були проведені розрахунки на фоні показників, одержаних у фізіологічному балансовому досліді. У таблиці 2 представлені дані середньодобового балансу заліза в організмі поросят.

2. Середньодобовий баланс заліза в організмі поросят, M±m, n=4

Групи тварин	Прийнято, г	Виділено з калом, г	Засвоїлося, г	Виділено з сечею, г	Засвоєно, г	Коефіцієнт засвоєння, %
Контрольна	179,39	50,22±1,14	129,17±1,14	19,55±2,77	109,62±3,65	61,11±2,03
Дослідна	178,42	50,66±0,43	127,76±0,43	15,54±0,80	112,22±1,08	62,89±0,60

За результатами фізіологічного досліду були встановлені коефіцієнти перетравності поживних речовин контрольного раціону та раціону з комплексною кормовою добавкою у поросят після відлучення.

Поросята, які отримували до раціону ККД, перетравлювали сирий протеїн, сирий жир, сиру клітковину майже на тому рівні, як і в контрольній групі. Однак порівняно з контролем варто відмітити кращу перетравність ними сухої речовини – на 2,42 % ($p \leq 0,05$), органічної речовини – на 1,97 % ($p \leq 0,05$), БЕР – на 1,76 % ($p \leq 0,05$).

Аналізуючи баланс заліза в організмі поросят, потрібно відзначити, що засвоєння заліза у дослідних тварин було на 1,78 % більше, ніж у контрольних, але різниця не достовірна. Отже, комплексна кормова добавка до раціонів суттєво не впливала на засвоєння заліза в організмі поросят. Коефіцієнти засвоєння заліза становлять відповідно: 61,11 % та 62,89 %.

Звертає увагу той факт, що з усіх мінеральних елементів, які вивчали в досліді (кальцій, фосфор, натрій, калій), коефіцієнт засвоєння заліза був найвищим (62,89 %) і складав відповідно у тварин дослідної групи 56,74 %, 57,78 %, 45,41 % та 46,21 %.

Поряд з вивченням динаміки заліза в хімусі шлунково-кишкового тракту, перетравності поживних речовин і балансу заліза в організмі поросят, проводили гематологічні дослідження фізіологічного стану молодняку свиней контрольної та дослідної груп під впливом комплексної кормової добавки на ріст і розвиток поросят.

У таблиці 3 представлені дані вмісту заліза у крові піддослідних свиней у 45-и і 105-и денному віці.

Згодовування піддослідному молодняку запропонованої кормової добавки сприяло підвищенню у крові показника заліза у 105-и денному віці на 74,86 % ($p \leq 0,01$) порівняно з контрольним поголів'ям і майже у два рази більше порівняно з 45-и денним віком.

3. Вміст заліза у крові піддослідних поросят різного віку (мкмоль/л), M±m, n=5

Вік тварин, діб	Контрольна група	Дослідна група	Порівняно з контролем, %
45	51,34±7,12	50,96±8,02	99,26
105	62,46±10,22	109,2±34,71*	74,86

Примітки: *– $p \leq 0,05$ – вірогідність різниці між показниками контрольної та дослідної груп.

Така зміна вмісту заліза у крові, очевидно, обумовлена наявністю в добавці ехінацеї пурпурової, яка містить значну кількість мікроелементів, особливо залізо. Цей мікроелемент бере участь в утворенні крові, ферментів, обміну речовин, які необхідні для росту та розвитку свиней. Таке припущення підтверджується даними показників гемоглобіну та загального білка в сироватці крові, які у 45-и денному віці були на 2,55 % вище у дослідних і контрольних тварин відповідно (87,29±0,35, 89,52±0,48), а у 105-и денному віці на 18,64 % вище у дослідній групі тварин (93,4±0,36 – контрольна, 110,81±0,24 – дослідна). Показники загального білка у сироватці крові також дещо підвищилися у підсвинків дослідної групи. Наші результати перетинаються з даними інших учених [16].

Через збільшення гемоглобіну у крові поросят покращується транспорт кисню до тканин, що призводить до підвищення резистентності організму та покращенню фізіологічного стану піддослідних тварин. Отримані дані близькі до даних низки інших авторів [3, 5, 14, 18].

Цей висновок підтверджено показниками розвитку поросят протягом досліду. Під час згодовування комплексної кормової добавки відмічено позитивну її дію на стан їх росту та здоров'я. Але динаміка середньодобових приростів піддослідних поросят була неоднаковою: в перші 15 днів від початку досліджень значення цього показника було вірогідно вищим у дослідній групі на 6,9 % ($p \leq 0,001$). У наступний аналогічний період показник зріс на 24 % ($p \leq 0,001$), після чого перебував у межах 13,6 та 17,7 % ($p \leq 0,001$).

За весь період науково-господарського досліду поросята дослідної групи були важчими на 3,55 кг ($p \leq 0,001$). Тварини дослідної групи мали 444 г середньодобового приросту проти 382 г у контролі (16,23 % більше), втрати кормів на 1 кг приросту також були більшими (на 2,88 %).

Незважаючи на те, що добавки ККД були припинені у 105-и денному віці, годівлю тварин контрольної та дослідної груп проводили за основним раціоном, тварини досягли живої маси 100 кг у різні терміни: дослідні – за 200, а контрольні – за 212 днів. Середньодобові прирости у дослідній групі склали 653 г, а в контрольній 612 г ($p \leq 0,05$).

У наукових працях інших авторів [9, 25, 30] представлені дані, як кормові добавки інтенсифікують процеси обміну речовин в організмі тварин та підвищують показники росту та розвитку поросят.

Висновки

1. Під час нашого дослідження було встановлено, що комплексна кормова добавка, до складу якої входить ліпрот, ехінацея пурпурова та сухий мінеральний концентрат з пластових вод і пшеничних висівок, є додатковим джерелом заліза в раціонах поросят на дорощуванні.

2. Застосування ККД у годівлі тварин сприяло покращенню їхнього травлення. Одержані експериментальні дані показали, що порівняно з контрольною групою у поросят дослідної групи, яких годували раціонами з добавкою ККД, у хімусі шлунку заліза було більше на 11 % ($p \leq 0,01$), у хімусі порожньої кишки на 13,2 % ($p \leq 0,01$), а в хімусі клубової кишки на 12,3 % ($p \leq 0,05$).

3. Засвоєння заліза в організмі поросят на дорощуванні у дослідних тварин було на 1,78 % більше, ніж у контрольних і складало 62,89 % та 61,11 % відповідно.

4. Згодовування молодняку свиней раціонів з уведенням ККД показало підвищення заліза в сироватці крові на 74,86 %.

5. У процесі згодовування ККД поросятам варто відзначити позитивну дію добавки на стан їхнього росту та здоров'я. Внесення комплексної кормової добавки до складу раціонів поросятам після відлучення сприяло підвищенню їх середньодобових приростів на 17,7 % ($p \leq 0,001$).

Перспективи подальших досліджень пов'язані з доцільним продовженням експериментів щодо застосування у свинарстві комплексних кормових добавок у складі раціонів для стимулювання фізіологічних процесів в організмі поросят.

References

1. Berezhniuk, N. A., & Chornolata, L. P. (2017). Balansuvannia mineralnoho zhyvlennia svynei. *Ahrarna Nauka ta Kharchovi Tekhnolohii*, 5 (99(1)), 23–29. [In Ukrainian].

2. Biliavtseva, V. V. (2017). Produktyvnist molodniaku svynei za zghodovuvannia bilkovo-vitaminno-mineralnoi dobavky «Enervik». *Candidate's thesis*. Bila Tserkva [In Ukrainian].

3. Verbelchuk, T. V., & Verbelchuk, S. P. (2012). Obmin azotu i mineralnykh elementiv v orhanizmi molodniaku svynei pry vykorystanni okremykh netradytsiinykh kormovykh dobavok. Visnyk. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriia: «Tvarynnytstvo»*, 12 (21), 110–113. [In Ukrainian].

4. Verbelchuk, T. V., Verbelchuk, S. P., Kovalchuk, I. I., Kovalchuk, I. V., Vasyliev, R. O., & Klym, V. R. (2021). Balans ferumu ta midi v orhanizmi svynei *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriia: «Tvarynnytstvo»*, 2 (45), 77–82. doi: 10.32845/bsnau.lvst.2021.2.11 [In Ukrainian].

5. Derkach, I., Dukhnitsky, V., Derkach, S., LozovyiV., Kostrub, V., Losa, Y., Midyk, S., Morozova, V., Ushkalov, V., Fritsky, I., & Plutenko, M. (2021). Influence of Iron(IV) clatrochelate on iron content in some internal organs of piglets . *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 188–194. doi: 10.31210/visnyk2021.04.24

6. Klitsenko, H. T., Kulyk, M. F., Kosenko, M. V., & Lisovenko, V. T. (2015). Mineralne zhyvlennia svynei. *Efektyvne Tvarynnytstvo*, 8, 35–39. [In Ukrainian].

7. Kovalenko, V. F., & Myronenko, O. I. (2009). Vplyv mineralnykh dobavok na stan khimusu v riznykh viddilakh travnoho traktu porosiat. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1, 49–52. [In Ukrainian].

8. Kovalenko, V. F., Myronenko, O. I., Yatsenko, L. I. & Borodai, O. V. (2004). *Patent Ukrainy № 7699*. Kyiv: Ukrpatent [In Ukrainian].

9. Maistrenko, A. N., & Dimchia, H. H. (2017). Vplyv riznykh kormovykh dobavok na rist ta produktyvnist remontnykh svynok. *Zernovi Kultury*, 11, 154–158. [In Ukrainian].

10. Maistrenko, A. N., Dimchia, H. H., & Denysiuk, O. V. (2017). Vplyv kormovykh dobavok na rist svynok v perekhidnyi period. *Zernovi Kultury*, 3 (1), 149–153. [In Ukrainian].

11. Maistrenko, A. N., & Dimchia, H. H. (2018). Otsinka vplyvu kormovykh dobavok na produktyvni yakosti pidsysnykh svynomatok ta yikh potomstva. *Zernovi Kultury*, 2 (2), 386–392. [In Ukrainian].

12. Makartsev, N. H. (2013). Vlyianye premyksov s raznymy dobavkamy zheleza, tsynka y medy na produktyvnost, obmen veshchestv y obespechennost vytamynamy y mykroelementamy molodniaka svynei. *Efektyvni Kormy ta Hodivlia*, 6, 18–22. [In Ukrainian; In Russian].

13. Pochernyaev, F. K. (Ed.). (1977). *Metodiki issledovanij po svinovodstvu*. Harkov, 1977. 152 s. [In Russian].

14. Novhorodska, N. V., Lotka, H. I, Bondar, A. M. (2011). Balans zaliza ta midi u molodniaku svynei za riznykh premiksiv u povnoratsionnykh kombikormakh. *Zbirnyk Naukovykh Prats Vinnytskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*, 6 (46), 53–56. [In Ukrainian].

15. Pentyliuk, S. I. (2004). Lizyn-proteinovi dobavky u hodivli svynei. *Biolohotekhnolohichnyi fakultet-ahrarnomu vyrobnytstvu. Zbirnyk naukovykh rozrobok*. Kherson [In Ukrainian].

16. Pylypets, A. Z., Svarchevska, O. Z., Buchko, O. M., & Ponkalo, L. I. (2016). Lipidnyi sklad plazmy krovi porosiat u period vidluchennia vid svynomatok za dii spoluk mikroelementiv. *Biolohiia Tvaryn*, 18 (2), 73–79. [In Ukrainian].

17. Podkhaliuzina, O. M., Bomko, V. S., & Kuzmenko, O. A. (2020). Peretravnist kormu ta produktyvnist molodniaku svynei na vidhodivli za vykorystannia zmishanolihandnoho kompleksu Kuprumu. *Tekhnolohiia Vyrobnytstva i Pererobky Produktsii Tvarynnytstva*, 1, 118–124. [In Ukrainian].

18. Svarchevska, O. Z. (2013). Diia biolohichno aktyvnoi kormovoi dobavky v ratsioni porosiat na okremi pokaznyky bilkovoho i vuhlevodnoho obminu v krovi. *Zbirnyk Naukovykh Prats Podilskoho Derzhavnoho Tekhnichnoho Universytetu*, 21, 249–250. [In Ukrainian].

19. Trufanov, O. (2013). Mikroelementy u hodivli svynei. *Farmer*, 2, 114–115. [In Ukrainian].

20. Usenko, S. O., Siabro, A. S., Bereznytskyi, V., Chukhlib, Y. V., Slynko, V., & Myronenko, O. (2019). The latest aspects of pig mineral nutrition. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 126–133. doi: 10.31210/visnyk2019.04.15

21. Ushkalov, V. O., Skrypka, M. V., & Zapeka, I. Ye. (2013). Nadlyshok mikroelementiv u kormakh – faktor ryzyku dlia zdorov'ia molodniaku svynei. *Veterynarna Biotekhnolohiia*, 23, 268–270. [In Ukrainian].

22. Khalak, V. I. (2015). Balansuiuchi kormovi dobavky u ratsionakh svynomatok i porosiat. *Ahrobiznes Sohodni*, 24 (319), 15–18. [In Ukrainian].

23. Gonzalo, E., Létourneau-Montminy, M. P., Narcy, A., Bernier, J. F., & Pomar, C. (2018). Consequences of dietary calcium and phosphorus depletion and repletion feeding sequences on growth performance and body composition of growing pigs. *Animal*, 12 (6), 1165–1173. doi: 10.1017/s1751731117002567

24. Patterson, J. K., Lei, X. G., & Miller, D. D. (2008). The Pig as an Experimental Model for Elucidating the Mechanisms Governing Dietary Influence on Mineral Absorption. *Experimental Biology and Medicine*, 233 (6), 651–664. doi: 10.3181/0709-mr-262

25. Montoya, D., D'Angelo, M., Martín-Orúe, S. M., Rodríguez-Sorrento, A., Saladrigas-García, M., Araujo, C., Chabrillat T., Kerros S., & Castillejos, L. (2021). Effectiveness of two plant-based in-feed additives against an Escherichia coli F4 oral challenge in weaned piglets. *Animals*, 11 (7), 2024. doi: 10.3390/ani11072024

26. Maass, N., Bauer, J., Paulicks, B. R., Bohmer, B. M., & Roth-Maier, D. A. (2005). Efficiency of Echinacea purpurea on performance and immune status in pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 89 (7-8), 244–252. doi: 10.1111/j.1439-0396.2005.00501.x

27. Pluske, J. R. (2013). Feed- and feed additives-related aspects of gut health and development in weanling pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4 (1). doi: 10.1186/2049-1891-4-1

28. Warne, R. W. (2014). The Micro and Macro of Nutrients across Biological Scales. *Integrative and Comparative Biology*, 54 (5), 864–872. doi: 10.1093/icb/icu071

29. Saladrigas-García, M., D'Angelo, M., Ko, H. L., Traserra, S., Nolis, P., Ramayo-Caldas, Y., Folch, J. M., Vergara, P., Llonch, P., Pérez, J. F., & Martín-Orúe, S. M. (2021). Early socialization and environmental enrichment of lactating piglets affects the caecal microbiota and metabolomic response after weaning. *Scientific Reports*, 11 (1). doi: 10.1038/s41598-021-85460-7

30. Soetan, K. O., Olaiya, C. O., & Oyewole, O. E. (2010). The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants; a review. *African Journal of Food Science*, 4 (5), 200–222.

Стаття надійшла до редакції: 27.04.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Мироненко О. І., Усачова В. Є. Вплив комплексної кормової добавки на обмін заліза в організмі поросят на дорощуванні. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 205–211.

© Мироненко Олена Іванівна, Усачова Валентина Євгенівна, 2022

ВЕТЕРИНАРНА МЕДИЦИНА

Veterinary medicine

BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY

ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)

https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 636.7:595.775.1:615.285 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.25**

LOCALIZATION OF FLEAS OF THE GENUS *CTENOCEPHALIDES* ON THE DOGS' BODIES IN THE TREATMENT PROCESS

V. Yevstafieva[1] ORCID 0000-0003-4809-2584
K. Horb[1] ORCID 0000-0002-7657-2342
V. Melnychuk[1]* ORCID 0000-0003-1927-1065
O. Nikiforova[2] ORCID 0000-0001-5586-5886
M. Petrenko[1] ORCID 0000-0002-5275-9401

[1] Poltava State Agrarian University, 1/3 Skovorody Str., Poltava, 36003, Ukraine
[2] State Biotechnological University, 44 Alchevsky Str., Kharkiv, 61002, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: melnychyk86@ukr.net

How to Cite

Yevstafieva, V., Horb, K., Melnychuk, V., Nikiforova, O., & Petrenko, M. (2022). Localization of fleas of the genus Ctenocephalides on the dogs' bodies in the treatment process. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 212–222. doi: 10.31210/visnyk2022.02.25

Surveys have shown that ctenocephalidosis, caused by blood-sucking ectoparasites – fleas, is one of the most common infestations in the world and one of the most important medical and veterinary problems for pets and their owners. The success of fleas control measures is due not only to the choice of the appropriate medicine and its active substance, but also to the choice of an effective way of application during the treatment. The aim of the survey was to estimate the effects of insecticides by different ways of their usage on the localization of fleas of the Ctenocephalides species on the animal's body. It was found out that in 72 hours after the use of Simparica oral tablets fleas on the body of dogs were not detected. However, on 7th day of the experiment, Ct. felis species fleas were detected again in the buttocks and groin of the dogs, and on days 14th and 30th the dogs were free from fleas. After application of Fipren drops to experimental dogs after 24 and 74 h, Ct. felis fleas were found only in the buttocks and groin. On 14th and 30th days, no fleas were found on the dogs' bodies. After usage of the Insectostop collar to experimental dogs, fleas of both species were detected in different parts of the animal's body. After 24 hours the Ct. felis species fleas were found in all examined areas of the animals' bodies of, except for the right side of the torso and groin. At the same time, fleas of the species Ct. canis was found in the buttocks. After 72 hours, only of Ct. felis parasitism was established. During 14–30 days of the experiment, a gradual increase in the intensity of Ct. felis invasion was established on all studied areas of the body of animals, and fleas of the species Ct. canis was found in the groin and buttocks. The use of drops «Insectostop» in experimental dogs was not effective against fleas of both species. After 72 years Ct. felis was found in the back, buttocks, right side of the torso and groin, and fleas of the species Ct. canis – in the buttocks. During 14–30 days of the experiment, fleas othe species Ct. felis was found in the back, buttocks, groin. Fleas of the species Ct. canis was found in the back and buttocks. The results of research make it possible to use modern insecticides, taking into account their effectiveness against certain types of fleas, as well as the activity of drugs in different parts of the animal's body.

Key words: *dogs, ctenocephalidosis, Ctenocephalides felis, Ctenocephalides canis, treatment, fleas localization.*

ЛОКАЛІЗАЦІЯ БЛІХ РОДУ *CTENOCEPHALIDES* НА ТІЛІ СОБАК ПІД ЧАС ЗАСТОСУВАННЯ ЛІКУВАЛЬНИХ ЗАХОДІВ

***В. О. Євстаф'єва*[1], *К. О. Горб*[1], *В. В. Мельничук*[1], *О. В. Нікіфорова*[2], *М. О. Петренко*[1]**
[1] Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна
[2] Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Наукові повідомлення свідчать, що ктеноцефальоз, який спричиняють кровосисні паразитичні ектопаразити – блохи, є однією з найбільш поширених інвазій в усьому світі та становить одну з найважливіших у медичному і ветеринарному відношенні проблему для домашніх тварин та їхніх власників. Успіх заходів боротьби з блохами обумовлений не тільки вибором відповідного лікарського засобу та його діючої речовини, а й обранням ефективного методу застосування під час проведення лікувальних заходів. Метою досліджень було встановити особливості впливу інсектицидних препаратів за умов різних методів їх використання на локалізацію бліх роду Ctenocephalides на тілі тварини. Встановлено, що через 72 год. після застосування пероральних таблеток «Сімпарика» бліх на тілі собак не виявляли. Однак на 7-у добу експерименту знов було виявлено бліх виду Ct. felis у ділянці сідничного горба та пахвинної ділянки тіла собак, а на 14-у та 30-у добу собаки виявилися вільними від бліх. Після застосування дослідним собакам крапель «Фіпрен» через 24 та 74 год. бліх Ct. felis виявляли тільки в ділянці сідничного горба та пахвинної ділянки. На 14-у та 30-у добу бліх на тілі собак не виявляли. Після застосування дослідним собакам нашийнику «Інсектостоп» у різних ділянках тіла тварин виявляли бліх обох видів. Через 24 год. бліх Ct. felis виявляли у всіх досліджуваних ділянках тіла тварин, крім області правої бічної частини тулуба та паху. Водночас бліх виду Ct. canis виявляли в області сідничного горба. Уже через 72 год. встановлювали паразитування тільки виду Ct. felis. Упродовж 14–30-и діб експерименту спостерігали поступове зростання показників інтенсивності інвазії Ct. felis на всіх досліджуваних ділянках тіла тварин, а бліх виду Ct. canis виявляли у пахвинній ділянці та ділянці сідничного горба. Застосування крапель «Інсектостоп» дослідним собакам виявилося недостатньо ефективним відносно бліх обох видів. Через 72 год. Ct. felis виявляли у ділянці спини, сідничного горба, правої бічної частини тулуба та паху, а бліх виду Ct. canis – у ділянці сідничного горба. Упродовж 14–30-и діб експерименту бліх виду Ct. felis виявляли у ділянці спини, сідничного горба, паху. Бліх виду Ct. canis виявляли у ділянці спини та сідничного горба. Отримані результати досліджень дають можливість застосовувати сучасні інсектицидні препарати з урахуванням їхньої ефективності відносно певного виду бліх, а також активності препаратів на різних ділянках тіла тварини.

Ключові слова: *собаки, ктеноцефальоз, Ctenocephalides felis, Ctenocephalides canis, лікування, локалізація бліх.*

Вступ

Відомо, що найбільш поширеними представниками тваринного світу урбанізованих територій є домашні м'ясоїдні тварини, зокрема собаки. Вони відносяться до так званої групи «тварини-компаньйони» практично у всіх країнах світу. Наукові повідомлення свідчать, що ктеноцефальоз, який спричиняють кровосисні паразитичні ектопаразити – блохи, є однією з найбільш поширених інвазій в усьому світі, що становить одну з найважливіших у медичному і ветеринарному відношенні проблему для домашніх тварин і їхніх власників. Доведено, що у домашніх собак, переважно, паразитують блохи роду *Ctenocephalides*. Особливе значення мають два види бліх *Ctenocephalides felis* та *Ctenocephalides canis*, з яких домінуючими є *Ct. felis* [1–4].

Світова та вітчизняна ветеринарна наука пропонує для боротьби з ектопаразитами домашніх м'ясоїдних тварин значну кількість протипаразитарних препаратів, які згідно з дослідженнями науковців, мають різну ефективність та зручність у використанні [5–8].

Боротьба з блохами та зниження зараженості тварин, переважно, заснована на застосуванні хімічних препаратів. Успіх лікувально-профілактичних заходів за наявності ктеноцефальозу в домашніх м'ясоїдних тварин обумовлений як вибором відповідної речовини, так і обранням ефективного методу нанесення препарату. Причому хімічні сполуки, що є діючими речовинами у лікарських засобах, можна умовно поділити на інсектициди та інгібітори росту паразитичних комах, які використовуються як окремо, так і в комбінації [9–12].

Дослідники вважають, що програма боротьби з ектопаразитами повинна включати три основних заходи. До першої групи відносять заходи, які спрямовані на переривання життєвого циклу бліх у навколишньому середовищі, до другої – зведення до мінімуму зараженості блохами тварин, до третьої – дотримання санітарних вимог при утриманні собак і котів, а також періодичне проведення дезінсекції [13–15].

Виробники випускають велику кількість інсектицидних препаратів у різній формі їх використання. Зокрема, у вигляді шампунів, пудри, аерозолів, крапель, таблеток, нашийників тощо [16–18]. Тому актуальним є з'ясувати залежність показників ефективності препаратів з різною діючою речовиною та способом нанесення від місця локалізації бліх на тілі тварини.

Метою досліджень було встановити особливості впливу інсектицидних препаратів за умови різних методів їх використання на локалізацію бліх роду *Ctenocephalides* на тілі тварини. Для досягнення мети потрібно розв'язати такі *задачі*: визначити ступінь дії таблеток «Сімпарика», нашийнику «Інсектостоп», крапель «Інсектостоп» та «Фіпрен» на *Ct. felis* залежно від їх локалізації на тварині; з'ясувати ступінь дії цих препаратів на *Ct. canis* залежно від їх локалізації на тілі тварини.

Матеріали і методи досліджень

Роботу виконували впродовж 2020–2021 рр. в умовах притулку «Чак» (с. Мачухи, Полтавський район) і лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи факультету ветеринарної медицини Полтавського державного аграрного університету.

Дослідження проводили на безпородних собаках віком 8 місяців – 3 роки, вагою від 10 до 15 кг, спонтанно інвазованих блохами роду *Ctenocephalides* (ІІ – від 15,17±0,48 до 17,17±0,79 екз./гол.). Визначали ефективність таких інсектицидних засобів за наявності ктеноцефальозу в собак: «Сімпарика» (Simparica) («Zoetis Inc», США), нашийник «Інсектостоп» (ТОВ «Нова Плюс», Україна), краплі «Інсектостоп» (ТОВ «НВП «Сузір'я», Україна) та краплі «Фіпрен» (ТОВ «Бровафарма», Україна).

Собакам першої дослідної групи задавали перорально таблетки «Сімпарика» (ДР – сароланер) у дозі 2 мг/кг маси тіла одноразово. Собакам другої дослідної групи застосовували нашийник «Інсектостоп» (ДР – фіпроніл) шляхом нещільної фіксації на шиї тварини за безперервного використання впродовж одного місяця. Собакам третьої дослідної групи застосовували зовнішньо за допомогою піпетки краплі «Інсектостоп» (ДР – фіпроніл), безпосередньо на шкіру в область холки і вздовж хребта одноразово в дозі 1,0 мл (2 ампули) на тварину одноразово. Собакам четвертої дослідної групи застосовували зовнішньо краплі «Фіпрен» (ДР – фіпроніл, S-метопрен), безпосередньо на шкіру в область холки і вздовж хребта одноразово в дозі 1,0 мл (1 ампула) на тварину одноразово. Собак контрольної групи не лікували.

Ефективність засобів визначали через 24 год., 72 год., 7 діб, 14 діб, 30 діб після їх застосування за показниками екстенсивності та інтенсивності інвазії [19].

Вивчення локалізації бліх видів *Ct. canis* та *Ct. felis* на тілі тварин під час їх лікування оцінювали за їх кількістю на п'яти анатомічних ділянках: 1 – серединної дорсальної лінії (linea dorsalis medianum), 2 – сідничного горба (tuberis chiadicum), 3 – лівої бічної частини (pars lateralis sinister), 4 – правої бічної частини (pars lateralis dexter), 5 – пахвинної ділянки (regioin guinalis). Виділення бліх з тіла тварин проводили шляхом розчісування їх пластиковим дрібнозубним спеціальним гребінцем на кожній анатомічній ділянці по 2 хв [20]. Розраховували інтенсивність інвазії (ІІ, екз./гол.).

Результати досліджень та їх обговорення

За результатами проведених досліджень встановлено, що показники інвазованості собак збудниками ктеноцефальозу під час їх лікування із застосуванням пероральних таблеток «Сімпарика» з урахуванням локалізації бліх на тілі тварин характеризувалися виявленням тільки бліх виду *Ct. felis* (рис. 1).

Через 24 год. після застосування препарату в ділянці дорсальної лінії спини у дослідних собак ІІ становила 1,60±0,24 екз./гол., сідничного горба – 1,83±0,31 екз./гол., правої бічної частини – 1,00 екз./гол. та пахвинної ділянки – 1,67±0,21 екз./гол. Через 72 год. бліх на тілі собак не виявляли. Однак на 7-у добу експерименту знов було виявлено бліх виду *Ct. felis* у ділянці сідничного горба та пахвинної ділянки тіла собак, де ІІ становила 1,00 екз./гол. На 14-у та 30-у добу після застосування інвазованим собакам препарату «Симпарика» бліх на тілі тварин не виявляли.

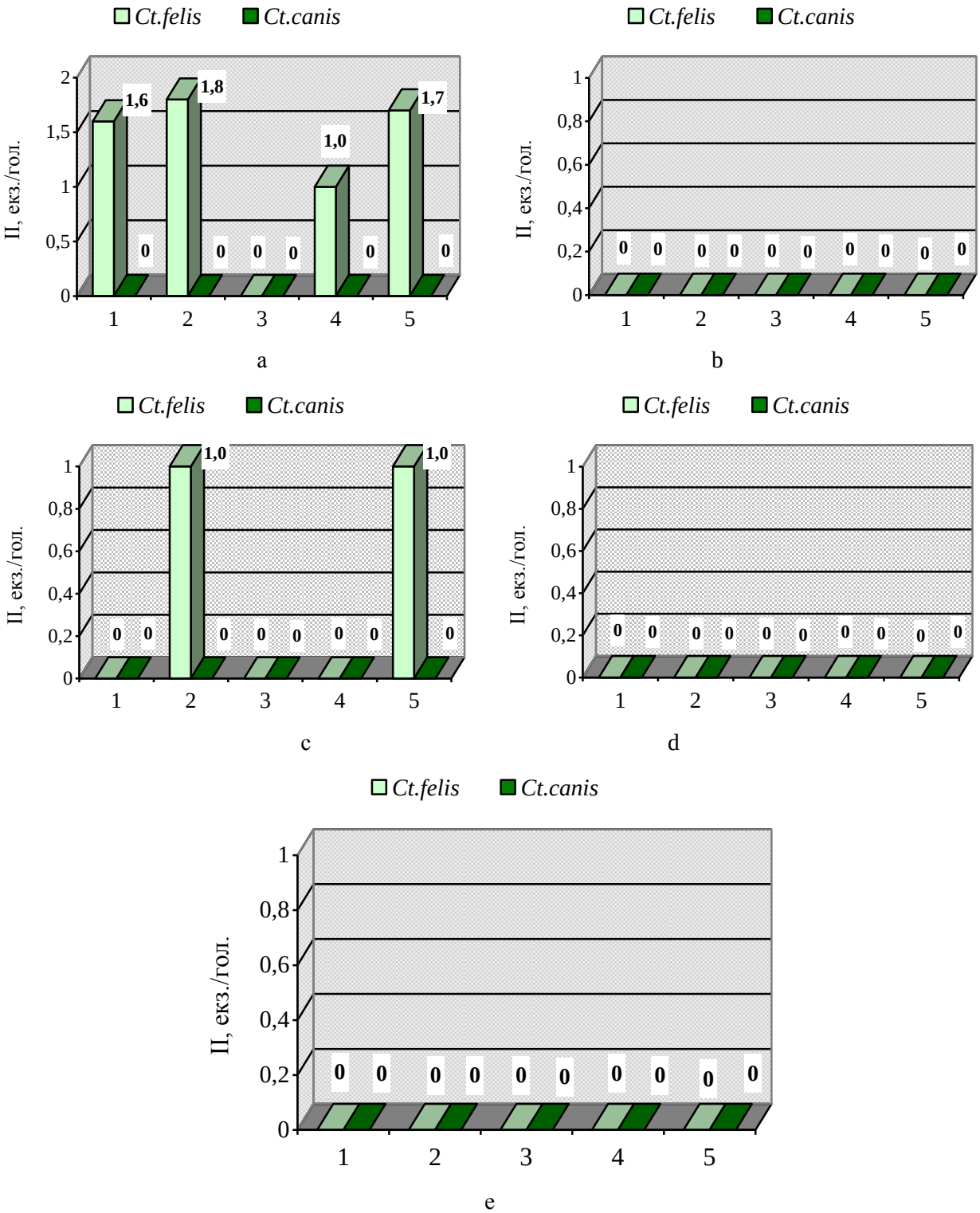


Рис. 1. Показники інтенсивності інвазії під час лікування собак, інвазованих блохами роду Ctenocephalides, при застосуванні пероральних таблеток «Сімпарика»:
1 – серединна дорсальна лінія, 2 – сідничний горб, 3 – ліва бічна частина, 4 – права бічна частина, 5 – пахвинна ділянка; a – через 24 год., b – через 72 год., c – на 7-у добу, d – на 14-у добу, e – на 30-у добу

Після застосування дослідним собакам крапель «Фіпрен» також на тілі тварин виявляли тільки бліх виду *Ct. felis* (рис. 2).

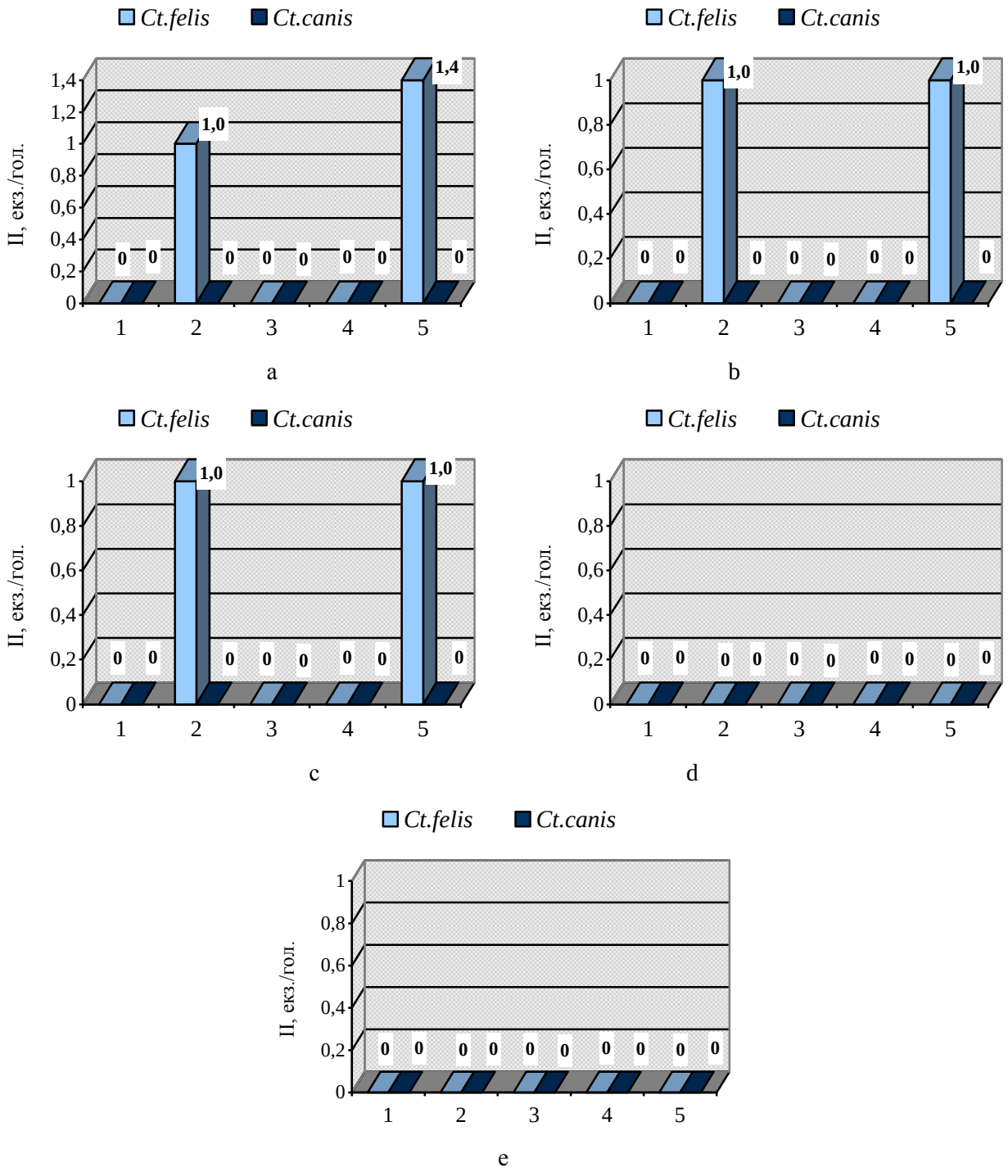


Рис. 2. Показники інтенсивності інвазії під час лікування собак, інвазованих блохами роду Ctenocephalides, при застосуванні пероральних таблеток «Сімпарика»:
1 – серединна дорсальна лінія, 2 – сідничний горб, 3 – ліва бічна частина, 4 – права бічна частина, 5 – пахвинна ділянка; a – через 24 год., b – через 72 год., c – на 7-у добу, d – на 14-у добу, e – на 30-у добу

Через 24 год. після застосування крапель бліх *Ct. felis* виявляли тільки в ділянці сідничного горба (ІІ – 1,00 екз./гол.) та пахвинної ділянки (ІІ – 1,40±0,24 екз./гол.). Через 72 год. та на 7-у добу експерименту *Ct. felis* виявляли в тих самих ділянках, а ІІ дещо знизилася і становила 1,00 екз./гол. На 14-у та 30-у добу після застосування інвазованим собакам крапель «Фіпрен» бліх на тілі собак не виявляли.

Після застосування дослідним собакам нашийнику «Інсектостоп» у різних ділянках тіла тварин виявляли бліх обох видів (рис. 3).

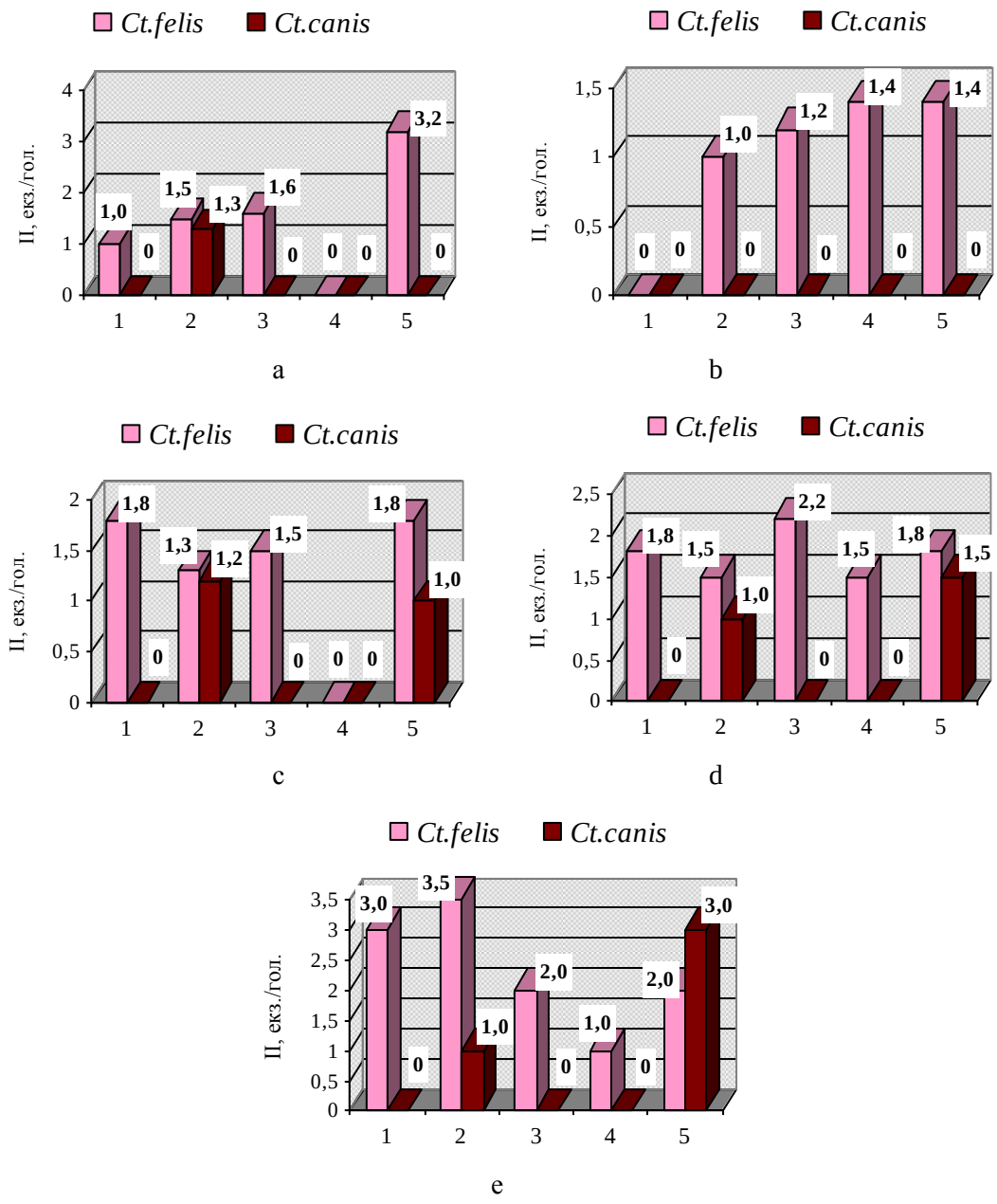


Рис. 3. Показники інтенсивності інвазії під час лікування собак, інвазованих блохами роду Ctenocephalides, при застосуванні пероральних таблеток «Сімпарика»:
1 – серединна дорсальна лінія, 2 – сідничний горб, 3 – ліва бічна частина, 4 – права бічна частина, 5 – пахвинна ділянка; a – через 24 год., b – через 72 год., c – на 7-у добу, d – на 14-у добу, e – на 30-у добу

Через 24 год. після застосування нашийнику бліх *Ct. felis* виявляли у всіх досліджуваних ділянках тіла тварин, крім області правої бічної частини, ІІ коливалася в межах від 1,00 до 3,17±0,31 екз./гол. Водночас бліх виду *Ct. canis* виявляли в області сідничного горба, де ІІ становила 1,25±0,25 екз./гол. Уже через 72 год. спостерігали паразитування тільки виду *Ct. felis*: в ділянці сідничного горба ІІ становила 1,00 екз./гол., лівої бічної частини тулуба – 1,20±0,20 екз./гол., правої бічної частини та пахвинної області – по 1,40±0,24 екз./гол. На 7-у добу показники інтенсивності інвазії *Ct. felis* зростали і становили в ділянці: спини – 1,83±0,31 екз./гол., сідничного горба – 1,33±0,33 екз./гол., лівої бічної частини тулуба – 1,50±0,22 екз./гол., паху – 1,83±0,31 екз./гол. Також почали виявляти бліх виду *Ct. canis* в області сідничного горба (ІІ – 1,20±0,20 екз./гол.) та паху (ІІ – 1,00 екз./гол.). У подальшому впродовж 14–30-и діб експерименту встановлювали поступове зростання показників ІІ.

Кількість бліх виду *Ct. felis* зросла в ділянці: спини – з 1,75±0,25 до 3,00±0,58 екз./гол., сідничного горба – з 1,50±0,29 до 3,50±0,29 екз./гол., паху – з 1,80±0,37 до 2,00±0,55 екз./гол. У ділянці лівої бічної частини тулуба ІІ коливалася в межах від 2,00 до 2,17±0,40 екз./гол. Також на 14-у та 30-у доби експерименту бліх виду *Ct. felis* виявляли і в ділянці правої бічної частини тулуба собак (ІІ – 1,50±0,22 та 1,00 екз./гол. відповідно). Кількість бліх виду *Ct. canis* зросла в пахвинній ділянці з 1,50±0,50 до 3,00 екз./гол., а в ділянці сідничного горба ІІ залишилася на тому ж рівні – 1,0 екз./гол.

Застосування крапель «Інсектостоп» дослідним собак виявилося недостатньо ефективним відносно бліх обох видів (рис. 4).

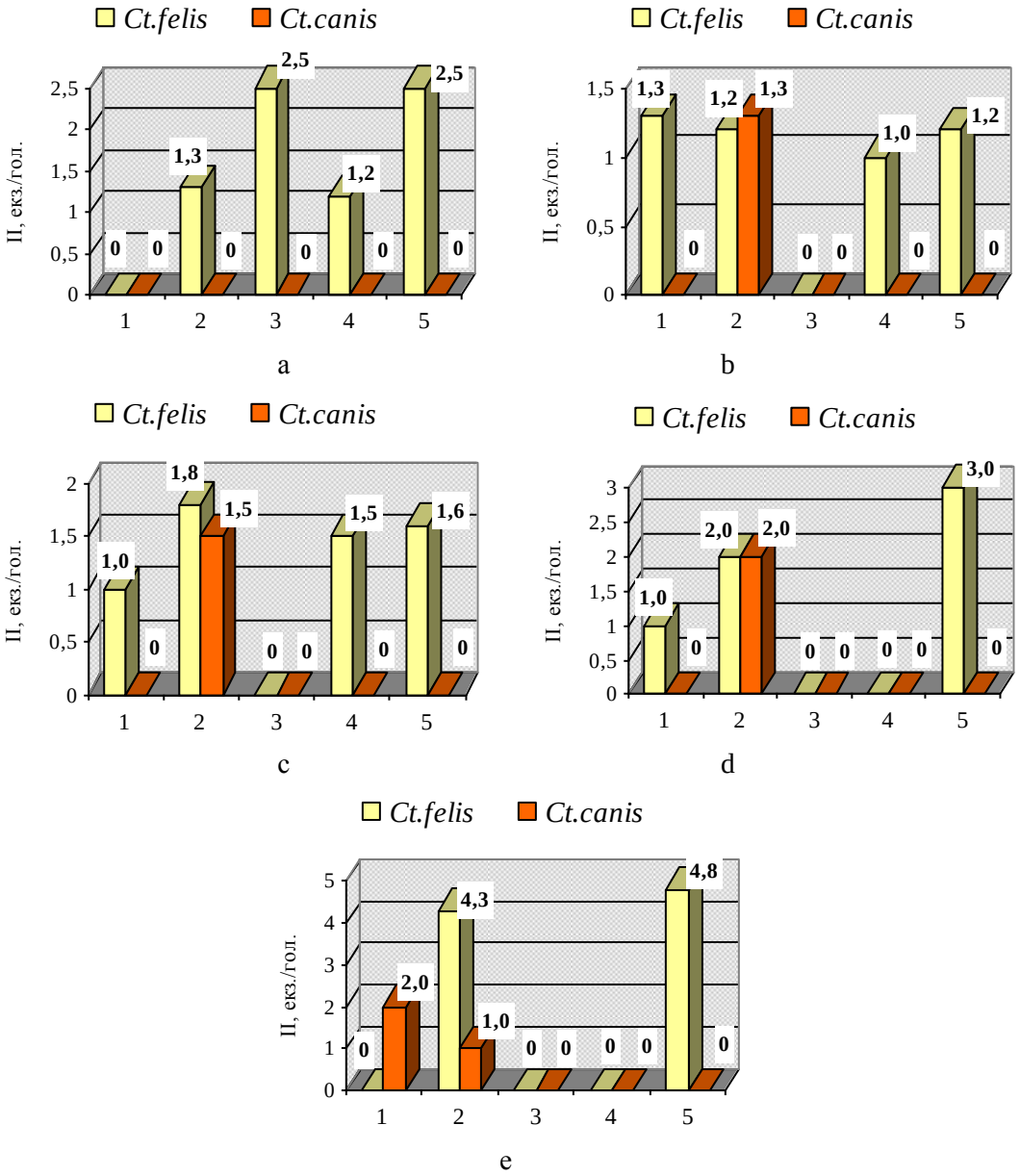


Рис. 4. Показники інтенсивності інвазії під час лікування собак, інвазованих блохами роду Ctenocephalides, при застосуванні пероральних таблеток «Сімпарика»:
1 – серединна дорсальна лінія, 2 – сідничний горб, 3 – ліва бічна частина, 4 – права бічна частина, 5 – пахвинна ділянка; a – через 24 год., b – через 72 год., c – на 7-у добу, d – на 14-у добу, e – на 30-у добу

Через 24 год. після застосування крапель бліх *Ct. felis* виявляли у всіх досліджуваних ділянках тіла тварин, крім дорсальної області спини, ІІ коливалася в межах від 1,20±0,20 до 2,50±0,22 екз./гол. Бліх виду *Ct. canis* не виявляли. Уже через 72 год. *Ct. felis* виявляли в ділянці спини (ІІ – 1,33±0,33 екз./гол.), сідничного горба (ІІ – 1,20±0,20 екз./гол.), правої бічної частини тулуба

(II – 1,00 екз./гол.) та паху (II –1,20±0,20 екз./гол.). Також виявляли бліх виду *Ct. canis* у ділянці сідничного горба (II – 1,33±0,33 екз./гол.).

На 7-у добу показники інтенсивності інвазії *Ct. felis* становили в ділянці: спини – 1,00 екз./гол., сідничного горба – 1,75±0,48 екз./гол., правої бічної частини тулуба – 1,50±0,50 екз./гол., паху – 1,60±0,40 екз./гол. Інтенсивність інвазії *Ct. canis* становила в області сідничного горба 1,50±0,50 екз./гол. Упродовж 14–30-и діб експерименту показники II бліх виду *Ct. felis* коливалися в ділянці: спини – від 1,00 до 0 екз./гол., сідничного горба – від 2,00±1,00 до 4,33±0,33 екз./гол., паху – від 3,00±1,00 до 4,75±0,25 екз./гол. У ділянці лівої та правої бічної частин тулуба бліх *Ct. felis* не виявляли. Показники II бліх виду *Ct. canis* коливалися в ділянці: спини – від 0 до 2,00 екз./гол., сідничного горба – від 2,00 до 1,00 екз./гол.

Коливання показників II збудниками ктеноцефальозу впродовж експерименту у собак контрольної групи на різних ділянках їх тіла наведено на рис. 5.

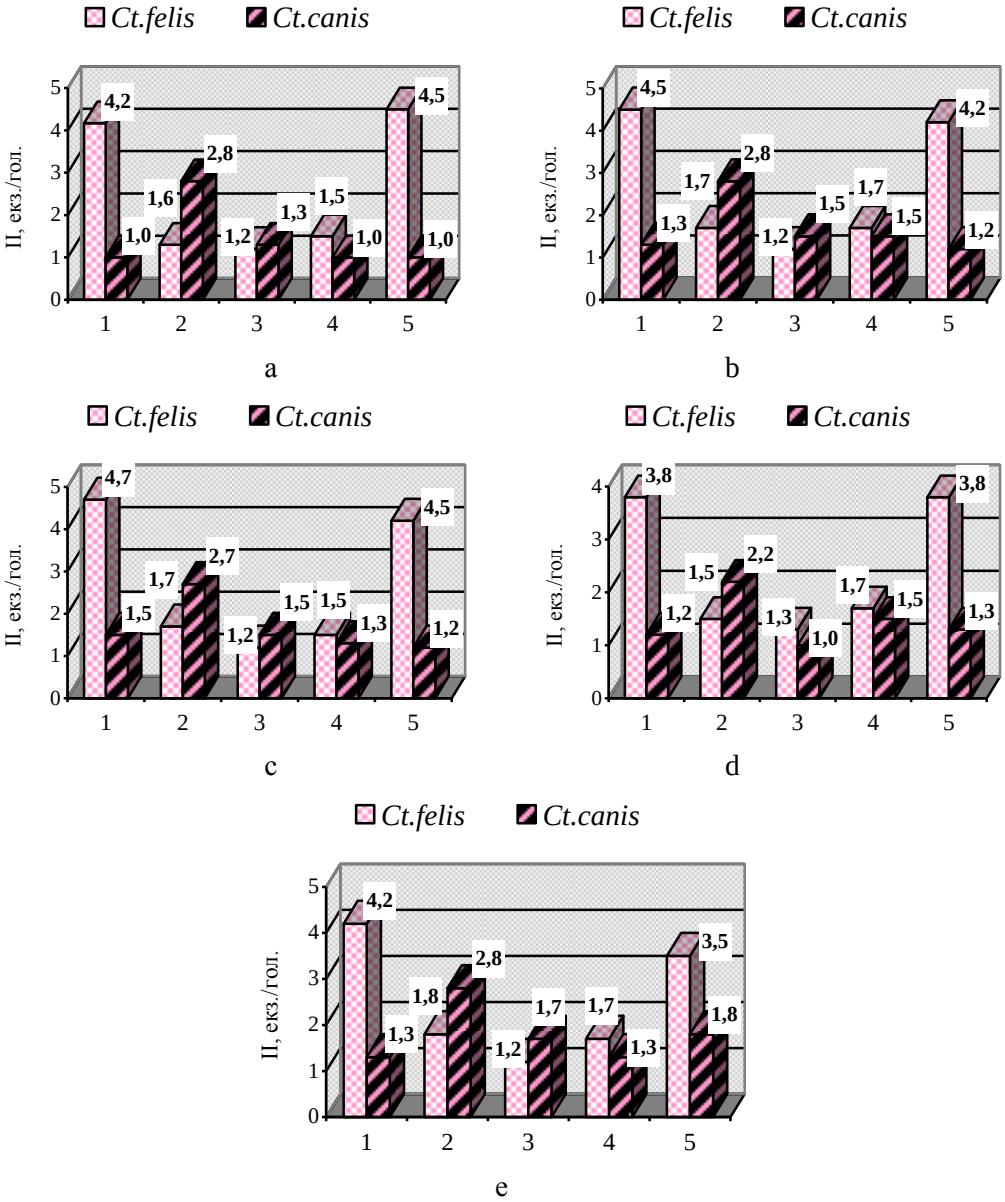


Рис. 5. Показники інтенсивності інвазії під час лікування собак, інвазованих блохами роду Ctenocephalides, при застосуванні пероральних таблеток «Сімпарика»:
1 – серединна дорсальна лінія, 2 – сідничний горб, 3 – ліва бічна частина, 4 – права бічна частина, 5 – пахвинна ділянка; a – через 24 год., b – через 72 год., c – на 7-у добу, d – на 14-у добу, e – на 30-у добу

Через 24 год. бліх видів *Ct. felis* та *Ct. canis* виявляли на всіх досліджуваних ділянках тіла, де II *Ct. felis* коливалася в межах від 1,17±0,17 до 4,50±0,22 екз./гол., а *Ct. canis* – від 1,00 до 2,83±0,17 екз./гол. Через 72 год. коливання показників інтенсивності інвазії у разі паразитування *Ct. felis* залишилися на тому ж рівні, а в разі паразитування *Ct. canis* – незначно зросли (від 1,20±0,20 до 2,83±0,17 екз./гол. На 7-у добу експерименту II *Ct. felis* коливалася в межах від 1,20±0,20 до 4,67±0,21 екз./гол., а *Ct. canis* – від 1,20±0,20 до 2,67±0,42 екз./гол. На 14-у добу експерименту показники II коливалися в межах: за умови паразитування *Ct. felis* – від 1,33±0,21 до 3,83±0,60 екз./гол. а *Ct. canis* – від 1,00 до 2,17±0,17 екз./гол., а на 30-у добу ці показники становили відповідно від 1,17±0,17 до 4,17±0,31 екз./гол. та від 1,33±0,33 до 2,83±0,31 екз./гол.

Зважаючи на літературні дані, на ефективність препаратів у лікувально-профілактичних заходах за наявності ктеноцефальозу в собак впливає склад хімічного засобу та спосіб його застосування. Це пов'язано із різним механізмом дії препаратів та можливістю згубно діяти на бліх у різних ділянках тіла тварини [10, 16–18]. Тому ми випробували чотири різних препарати з різними діючими речовинами (сароланер, фіпроніл, фіпроніл + S-метопрен) та способом застосування (таблетки, краплі, нашийник) відносно *Ct. felis* та *Ct. canis* з урахуванням їх локалізації на тілі тварини. Встановлено, що ефективними інсектицидними препаратами за наявності ктеноцефальозу в собак є пероральні таблетки «Симпарика» та краплі «Фіпрен», екстенс- та інтенсефективність на 30-у добу після їх застосування сягала 100 % незалежно від місця локалізації *Ct. felis* та *Ct. canis*. Після застосування дослідним собакам нашийнику «Інсектостоп» у різних ділянках тіла тварин виявляли бліх обох видів. Через 24 год. бліх *Ct. felis* виявляли у всіх досліджуваних ділянках тіла тварин, крім області правої бічної частини тулуба та паху. Водночас бліх виду *Ct. canis* виявляли в області сідничного горба. Упродовж 14–30-и діб експерименту спостерігали поступове зростання показників інтенсивності інвазії *Ct. felis* на всіх досліджуваних ділянках тіла тварин, а бліх виду *Ct. canis* виявляли у пахвинній ділянці та ділянці сідничного горба. Застосування крапель «Інсектостоп» дослідним собакам виявилося недостатньо ефективним відносно бліх обох видів. Упродовж 14–30-и діб експерименту бліх виду *Ct. felis* виявляли у ділянці спини, сідничного горба, паху. Бліх виду *Ct. canis* виявляли у ділянці спини та сідничного горба. У доступній науковій літературі відсутні дані щодо особливостей локалізації бліх різних видів на тілі собак під час проведення лікувальних заходів. Ми вперше в Україні вивчили розподіл бліх видів *Ct. felis* та *Ct. canis* та їх тропізм до певних ділянок на тілі домашніх собак під час застосування хімічних засобів із різною діючою речовиною та способом використання. Отримані результати досліджень дають можливість застосовувати сучасні інсектицидні препарати з урахуванням їх ефективності відносно певного виду бліх, а також активність препаратів на різних ділянках тіла тварини.

Висновки

Результати досліджень свідчать, що після застосування пероральних таблеток «Сімпарика» та крапель «Фіпрен», починаючи з 14-ї доби експерименту, бліх на тілі собак не виявляли. Після застосування дослідним собакам нашийнику «Інсектостоп» у різних ділянках тіла тварин виявляли бліх обох видів, де впродовж 14–30-и діб експерименту встановлювали поступове зростання показників інтенсивності інвазії *Ct. felis* на всіх досліджуваних ділянках тіла тварин, а бліх виду *Ct. canis* виявляли в пахвинній ділянці та ділянці сідничного горба. Застосування крапель «Інсектостоп» дослідним собакам виявилося недостатньо ефективним відносно бліх обох видів, де впродовж 14–30-и діб експерименту бліх виду *Ct. felis* виявляли в ділянці спини, сідничного горба, паху, а бліх виду *Ct. canis* – в ділянці спини та сідничного горба.

Перспективи подальших досліджень. Перспективами подальших досліджень є випробування дезінвазійної ефективності у визначених дієвих концентраціях у виробничих умовах на різних поверхнях.

References

1. Hernández-Valdivia, E., Cruz-Vázquez, C., Ortiz-Martínez, R., Valdivia-Flores, A., & Quintero-Martínez, M. T. (2011). Presence of *Ctenocephalides canis* (Curtis) and *Ctenocephalides felis* (Bouché) infesting dogs in the city of Aguascalientes, México. *Journal of Parasitology*, 97 (6), 1017–1019. doi: 10.1645/GE-2701.1

2. Yevstafieva, V., Horb, K., Melnychuk, V., Bakhur, T., & Feshchenko, D. (2020). Ectoparasites *Ctenocephalides* (Siphonaptera, Pulicidae) in the composition of mixed infestations in domestic dogs from Poltava, Ukraine. *Folia Veterinaria*, 64 (3), 47–53. doi: 10.2478/fv-2020-0026

3. Yevstafieva, V., & Horb, K. (2020). Age dynamics of infestation of dogs Ctenocephalides spp. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 22 (98), 84–87. doi: 10.32718/nvlvet9815

4. Horb, K. O. (2020). Breed susceptibility of domestic dogs to ectoparasite of *Ctenocephalides* (Siphonaptera, pulicidae) genus. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (2), 164-169. doi: 10.31210/visnyk2020.02.20

5. Freitas, J. P., de Jesus, I., Chaves, J., Gijsen, I. S., Campos, D. R., Baptista, D. P., Ferreira, T. P., Alves, M., Coumendouros, K., Cid, Y. P., & Chaves, D. (2021). Efficacy and residual effect of Illicium verum (star anise) and Pelargonium graveolens (rose geranium) essential oil on cat fleas *Ctenocephalides felis felis*. *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology*, 30 (4), e009321. doi: 10.1590/S1984-29612021088

6. Young, L., Karadzovska, D., Wiseman, S., & Helbig, R. (2020). Efficacy of lotilaner (Credelio™) against the adult cat flea, *Ctenocephalides felis* and flea eggs following oral administration to dogs. *Parasites & Vectors*, 13 (1), 25. doi: 10.1186/s13071-019-3873-1

7. Armstrong, R. D., Liebenberg, J. E., Heaney, K., & Guerino, F. (2015). Flea (*Ctenocephalides felis*) control efficacy of topical indoxacarb on dogs subsequently bathed with a chlorhexidine-ketoconazole shampoo. *Australian Veterinary Journal*, 93 (8), 293–294. doi: 10.1111/avj.12347

8. Fisara, P., Guerino, F., & Sun, F. (2019). Efficacy of a spot-on combination of fluralaner plus moxidectin (Bravecto® Plus) in cats following repeated experimental challenge with a field isolate of *Ctenocephalides felis*. *Parasites & Vectors*, 12 (1), 259. doi: 10.1186/s13071-019-3512-x

9. Shipstone, M. A., & Mason, K. V. (1995). The use of insect development inhibitors as an oral medication for the control of the fleas *Ctenocephalides felis, Ct. canis* in the dog and cat. *Veterinary Dermatology*, 6 (3), 131–137. doi: 10.1111/j.1365-3164.1995.tb00056.x

10. Gopinath, D., Meyer, L., Smith, J., & Armstrong, R. (2018). Topical or oral fluralaner efficacy against flea (*Ctenocephalides felis*) transmission of *Dipylidium caninum* infection to dogs. *Parasites & Vectors*, 11 (1), 557. doi: 10.1186/s13071-018-3140-x

11. Halos, L., Fourie, J. J., Fankhauser, B., & Beugnet, F. (2016). Knock-down and speed of kill of a combination of fipronil and permethrin for the prevention of *Ctenocephalides felis* flea infestation in dogs. *Parasites & Vectors*, 9, 57. doi: 10.1186/s13071-016-1345-4

12. Six, R. H., Liebenberg, J., Honsberger, N. A., & Mahabir, S. P. (2016). Comparative speed of kill of sarolaner (Simparica and fluralaner (Bravecto) against induced infestations of *Ctenocephalides felis* on dogs. *Parasites & Vectors*, 9, 92. doi: 10.1186/s13071-016-1373-0

13. Bouhsira, E., Franc, M., Lienard, E., Bouillin, C., Gandoin, C., Geurden, T., Becskei, C., Jacquiet, P., Thomas, A., & Boulouis, H. J. (2015). The efficacy of a selamectin (Stronghold ®) spot on treatment in the prevention of *Bartonella henselae* transmission by *Ctenocephalides felis* in cats, using a new high-challenge model. *Parasitology Research*, 114 (3), 1045–1050. doi: 10.1007/s00436-014-4271-4

14. Carlotti, D. N., & Jacobs, D. E. (2000). Therapy, control and prevention of flea allergy dermatitis in dogs and cats. *Veterinary Dermatology*, 11 (2), 83–98. doi: 10.1046/j.1365-3164.2000.00204.x

15. Saridomichelakis, M. N., Chatzis, M. K., Petanides, T., & Papadopoulos, E. (2015). A field trial of spinosad for the treatment and prevention of flea infestation in shepherd dogs living in close proximity to flea-infested sheep. *Parasites & Vectors*, 8, 324. doi: 10.1186/s13071-015-0945-8

16. Snyder, D. E., Meyer, K. A., Wiseman, S., Trout, C. M., & Young, D. R. (2013). Speed of kill efficacy and efficacy of flavored spinosad tablets administered orally to cats in a simulated home environment for the treatment and prevention of cat flea (*Ctenocephalides felis*) infestations. *Veterinary Parasitology*, 196 (3-4), 492–496. doi: 10.1016/j.vetpar.2013.02.023

17. Vatta, A. F., Everett, W. R., Holzmer, S. J., Cherni, J. A., King, V. L., Rugg, D., & Geurden, T. (2017). Efficacy of a new spot-on formulation of selamectin plus sarolaner for cats against adult *Ctenocephalides felis*, flea egg production and adult flea emergence. *Veterinary Parasitology*, 238 (1), 22–26. doi: 10.1016/j.vetpar.2017.02.026

18. Blagburn, B. L., Hendrix, C. M., Vaughan, J. L., Lindsay, D. S., & Barnett, S. H. (1995). Efficacy of lufenuron against developmental stages of fleas (*Ctenocephalides felis felis*) in dogs housed in simulated home environments. *American Journal of Veterinary Research*, 56 (4), 464–467.

19. Marchiondo, A. A., Holdsworth, P. A., Fourie, L. J., Rugg, D., Hellmann, K., Snyder, D. E., Dryden, M. W., & World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (2013). World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) second edition: guidelines for evaluating the efficacy of parasiticides for the treatment, prevention and control of flea and tick infestations on dogs and cats. *Veterinary Parasitology*, 194 (1), 84–97. doi: 10.1016/j.vetpar.2013.02.003

20. Dryden, M. W., Boyer, J. E., & Smith, V. (1994). Techniques for estimating on-animal populations of Ctenocephalides felis (Siphonaptera: Pulicidae). *Journal of Medical Entomology*, 31 (4), 631–634. doi: 10.1093/jmedent/31.4.631

Стаття надійшла до редакції: 14.03.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Євстаф'єва В. О., Горб К. О., Мельничук В. В., Нікіфорова О. В., Петренко М. О. Локалізація бліх роду *Ctenocephalides* на тілі собак під час застосування лікувальних заходів. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 212–222.

© Євстаф'єва Валентина Олександрівна, Горб Ксенія Олегівна, Мельничук Віталій Васильович, Нікіфорова Ольга Василівна, Петренко Максим Олександрович, 2022

Veterinary medicine
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 616-001.4:002.3:089:615.246.2:276 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.26**

EFFICIENCY OF ORTHOPEDIC CLEANING OF HORSES' HOOVES

S. Kulynych ORCID 0000-0003-1660-643X
V. Kramarenko*
M. Zezekalo
A. Omelchenko ORCID 0000-0001-9389-8400
N. Avramenko ORCID 0000-0002-1920-5757

Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: volodymyr.kramarenko@st.pdaa.edu.ua

How to Cite

Kulynych, S., Cramarenko, V., Zezekalo, M., Omelchenko, A., & Avramenko, N. (2022). Efficiency of orthopedic cleaning of horses' hooves. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 223–231. doi: 10.31210/visnyk2022.02.26

The health of horses is largely determined by the condition of the hooves, so the limbs of these noble animals require special attention. Regular care is required to prevent hoof diseases, including: daily inspection and cleaning under running water; untwisting; treatment with special ointments (if necessary). Regular care not only prevents the development of many pathologies, but also allows you to notice dangerous signs – cracks, bruises, punctures, purulent formations. Hoof trimming is carried out in order to prevent hoof disease, create normal conditions for the growth of hoof horns and prevent various mechanical damage. Running hoof disease can cost a horse his life, and accurate diagnosis and treatment require special skills. The aim of the work was to identify existing deformities of horses' hooves, to develop orthopedic cleaning techniques depending on the type of deformation. The research was conducted on the basis of horse farms of Kyiv region "KK – delight", "Golden Horseshoe" and PE "Metal Horse". Hoof deformation was determined on the basis of clinical examination and hoof measurements using special equipment. The obtained data were included in the protocol of the clinical study of the animal. After determining the type of deformation, orthopedic hoof cleaning was performed in 7 stages. During cleaning, the deformed hoof was inspected and heated with a gas heater to soften its shell. Subsequently, mechanical cleaning of the sole surface was performed and areas of exfoliated horn were removed. At the next stage, the sole was trimmed, followed by removal of the posterior walls and the formation of an arrow by peeling off the excess of the hoof wall. This procedure allowed creating an even distribution of the load on the sole by balancing it. The manipulation was repeated after 35–55 days. If necessary, the latero-medial imbalance of the hooves after assessment of their condition was corrected. These manipulations in the proposed sequence are logical, extremely simple to perform and allow you to prevent the occurrence of pathologies of the distal extremities of horses.

Key words**:** *horses, hoof deformation, hoof clearing, inflammatory processes, hoof arrow, horse posture, hoof horn.*

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОВЕДЕННЯ ОРТОПЕДИЧНОЇ РОЗЧИСТКИ КОПИТ У КОНЕЙ

С. М. Кулинич, В. В. Крамаренко, М. А. Зезекало, Г. О. Омельченко, Н. О. Авраменко
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Здоров'я коней багато в чому визначається станом копит, тому кінцівки цих благородних тварин вимагають особливої уваги. Для попередження захворювань копит потрібен регулярний догляд, що включає: щоденний огляд і очищення під проточною водою; розкрючування; лікування

спеціальними мазями (за необхідності). Регулярний догляд не тільки запобігає розвитку багатьох патологій, але і дає змогу помітити небезпечні ознаки – тріщини, синці, проколи, гнійні утворення. Обрізання копит здійснюється з метою запобігання захворюванням копит, створення нормальних умов росту копитних рогів та запобігання різним механічним пошкодженням. Необхідно мати на увазі, що запущена хвороба копит може коштувати коню життя, а точна діагностика та лікування вимагають особливих навичок. Метою роботи було виявлення в коней наявних деформацій копит, опрацювання техніки ортопедичної розчистки залежно від виду деформації. Дослідження проведено на базі конезаводів Київської області «КК–delight», «Золота підкова» та ЧП «Metal Horse». Деформацію копит визначали на підставі клінічного огляду та вимірювань копит за допомогою спеціального обладнання. Отримані дані були включені до протоколу клінічного дослідження тварини. За наслідками проведених досліджень у 25 % коней виявлено деформації копит, що супроводжувалися порушенням рухів, недостатнім виносом кінцівок та кульгавістю різного ступеня. Після визначення виду деформації проводили ортопедичне очищення копит, яке здійснювали в сім етапів. Під час очищення деформоване копито оглядали та нагрівали газовим нагрівачем для розм'якшення його оболонки. У подальшому проводили механічне очищення поверхні підошви і видаляли ділянки відшарованого рогу. На наступному етапі здійснювали обрізку підошви, з подальшим видаленням задніх стінок та утворенням стрілки шляхом відшаровування зайвої частини копитної стінки. Така процедура дозволяла створити рівномірний розподіл навантаження на підошву за рахунок його балансування. Маніпуляцію повторювали через 35–55 днів. За необхідності коригували латеро-медіальний дисбаланс копит після оцінки їх стану. Вказані маніпуляції у запропонованій послідовності є логічними, вкрай простими у виконанні та дадуть змогу вчасно попереджати виникнення патологій дистального відділу кінцівок коней.

Ключові слова: *коні, деформація копит, розчистка копит, запальні процеси, копитна стрілка, постава коня, копитний ріг.*

Вступ

Коні відомі своєю працьовитістю, невибагливістю та витривалістю, здатністю адаптуватися до різноманітних, навіть екстремальних, умов існування. Але все ж таки ці тварини мають свої слабкі сторони. Однією з таких сторін є стан копит, який відіграє вирішальну роль у самопочутті тварини та її працездатності [1].

Саме на копита припадає вся амортизація, удари від кожного кроку, навантаження у вигляді ваги, а також забезпечення безпеки суглобам коня [2].

Оскільки зміна копит тісно корелює із силою, прикладеною до стопи коня, фізичний огляд на предмет кульгавості починають із візуального огляду стопи [3–6].

Саме на дистальний відділ кінцівок припадає левова частка патологій, а проблеми, що виникають, можуть варіювати від надпростих до досить складних. Точний діагноз залежить від ґрунтовних і детальних знань анатомії [7]. Стопа є найпоширенішим джерелом болю в кінцівках. Надмірна довжина копит може супроводжуватися болем у сідничній ділянці, може бути пов'язана із проблемами ходи або працездатності. Укорочення копит може полегшити цей біль протягом днів або тижнів [8]. Додаткові методи обстеження, зокрема рентгенологічні, магнітно-резонансної та комп'ютерної томографії, інерційних датчиків, встановлених на копиті, дають змогу швидше поставити правильний діагноз [9–13].

Збільшення кількості пошкоджень та дефектів копитної стінки останніми десятиріччями є результатом генетичних порушень, факторів навколишнього середовища, обмеженого доступу до фізичних навантажень, які в поєднанні з іншими чинниками призводять до ослаблення матеріалу копитної стінки [14]. Відсутність глазурі в ділянці вінчика та наявність поверхневих руйнувань рогу обумовлена пересиханням копитного рогу, погіршенням раціону, деформацією, тріщинами, неправильною організацією ортопедичної роботи та недосконалою конструкцією вигульних майданчиків [15–16]. Співвідношення висоти передньої дорсальної стінки до п'яти є досить інформативним прогностичним показником щодо можливої подальшої появи ортопедичної патології [16–23].

Тривалий період існували хибні норми і параметри розчистки копит коней, адже дуже довго коней поголовно кували, оскільки це було необхідно для щоденної роботи по твердих поверхнях [24].

Вимірювання кутів копита завжди викликало цікавість, оскільки вони мають важливе значення для забезпечення оптимальної біомеханіки всього опорно-рухового апарату тварини [25]. Тривалий час вважали ідеальним кутом нахилу копитної стінки передньої кінцівки у коня 46°, задньої – 54° [26]. Обрізання копит проводять для профілактики захворювань копит, створення нормальних умов зростання копитного рогу та попередження різних механічних пошкоджень. Головною метою при цьому є видалення відрослого рогу і надавання копиту форми, що відповідає поставі кінцівок: підготовка поверхні для щільного прилягання підкови до копита, забезпечення рівномірного розподілу ваги тіла по всій поверхні копита. Саме за таких умов створюються умови для нормальної роботи механізму сухожилково-зв'язкового апарату дистального відділу кінцівок [29]. Отже, потрібно враховувати, що запущене захворювання копит може коштувати коню життя, а постановка точного діагнозу та лікування вимагають спеціальних навичок.

Тому *метою* наших досліджень було виявлення в коней наявних деформацій копит, опрацювання техніки ортопедичної розчистки залежно від виду деформації.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили на базі кінних господарств «KK–delight» (м. Бортничі), «Золота підкова» (м. Фастів) та ЧП «Metal Horse» (м. Яготин) Київської області упродовж 2020–2021 років на конях різних вікових груп, порід, із різними умовами утримання та експлуатації. Ми обстежили 65 голів коней шляхом загального огляду (постава кінцівок, їх винос, ритм руху, наявність кульгавості) та місцевого дослідження копита (огляд, планіметрія, характер деформації). Тваринам із вираженими деформаціями (n=7) проводили розчистку.

Наявність деформації копит та їх вид встановлювали на підставі клінічного огляду та промірів копит за допомогою лінійки з ціною поділки 1 мм та інклімеру [27]. Отримані дані вносилися в частину протоколу клінічного дослідження коня [28]. Після встановлення виду деформації виконували ортопедичну розчистку копит, яка проводилась у 7 етапів [29]. Під час розчистки проводили: огляд деформованого копита; нагрівання копита за допомогою газової грілки Sturm 5015–KL–02 з метою пом'якшення копитної оболонки; механічну очистку підошовної поверхні та видалення ділянки відшарованого рогу. На наступному етапі обрізку продовжували з підошовної частини: виконували видалення заворотніх стінок; формували стрілки; відшаровували зайву частину копитної стінки. Для досягнення рівномірного розподілу навантаження на підошву проводили балансування копита. Маніпуляцію повторно проводили через 35–55 днів, а за потреби застосовували корекцію латеро-медіального дисбалансу копита. При виявленні ділянок гниття їх максимально видаляли, а на уражену поверхню двічі на добу аерозольно наносили 10 % сульфат міді [30].

Результати досліджень та їх обговорення

У результаті проведених досліджень у 16 тварин (25 %) були виявлені виражені деформації копит, з яких найбільш типовими вважаємо окремі випадки (n=7), які і ретельно описали.

Зокрема за 2020–2021 звітний період у обстежених тварин: чотирьох спортивних коней (Тагіра, Болівар, Ванько, Пуля) та трьох поні (Орлик, Буся, Карина) встановлювали довжину зачіпної стінки, довжину п'яти, співвідношення зачіпної стінки до п'яти до розчистки та після неї (табл. 1).

У кобили Тагіри під час огляду було виявлено гострі копита (рис. 1). Планіметричні дослідження свідчать, що копита грудних кінцівок значно гостріші, ніж тазових. Після проведеної розчистки довжина зачепної стінки копит грудних кінцівок зменшилася на 24,6–25,2 %, довжина п'яти на 42,1–48,6 %, копитця збільшували кут зачепу до підошви, в результаті чого реєстрували зростання співвідношення довжин стінок і п'ят на 12,5–14,2 %. Оцінюючи копита тазових кінцівок, ми з'ясували, що після розчистки довжина зачепа та п'ят зменшилася відповідно на 22,9–29,0 % за першим показником та на 26,2–41,0 % за другим, а їх співвідношення зросло на 7,6–20,0 %.

1. Результати планіметричного обстеження коней

Кличка тварини	ПГ			ЛГ			ЛТ			ПТ		
	довжина зачіпної стінки	довжина п'яти	співвідношення зачіпної стінки до п'яти	довжина зачепа стінки	довжина п'яти	співвідношення зачіпної стінки до п'яти	довжина зачіпної стінки	довжина п'яти	співвідношення зачіпної стінки до п'яти	довжина зачіпної стінки	довжина п'яти	співвідношення зачіпної стінки до п'яти
Тагіра	16,2 / 13,0	10,2 / 7,2	1,6 / 1,8	15,9 / 12,7	10,8 / 7,6	1,4 / 1,6	14,2 / 11,0	11,0 / 7,8	1,3 / 1,4	15,4 / 12,2	10,0 / 6,8	1,5 / 1,8
Болівар	10,2 / 9,2	8,9 / 7,9	1,1 / 1,1	9,4 / 8,4	7,8 / 6,8	1,2 / 1,2	9,2 / 8,2	9,2 / 8,2	1,0 / 1,0	9,1 / 8,1	7,2 / 6,2	1,2 / 1,3
Ванько	9,6 / 8,0	8,6 / 7,0	1,1 / 1,1	8,6 / 7,0	7,6 / 6,0	1,1 / 1,1	9,6 / 8,0	7,6 / 6,0	1,2 / 1,3	10,1 / 8,5	8,6 / 7,0	1,1 / 1,2
Пуля	8,4 / 7,0	6,4 / 5,0	1,3 / 1,4	8,9 / 7,5	7,4 / 6,0	1,2 / 1,2	9,4 / 8,0	7,4 / 6,0	1,3 / 1,3	9,4 / 8,0	8,4 / 7,0	1,1 / 1,1
Орлик	9,0 / 7,0	8,6 / 4,6	1,0 / 1,5	9,7 / 7,7	7,0 / 5,0	1,3 / 1,4	10,0 / 8,0	6,9 / 4,9	1,4 / 1,6	9,8 / 7,8	6,9 / 4,9	1,4 / 1,6
Буся	5,1 / 4,0	4,1 / 3,0	1,2 / 1,3	5,1 / 4,0	4,1 / 3,0	1,2 / 1,3	6,1 / 5,0	5,1 / 4,0	1,2 / 1,2	5,1 / 4,0	4,1 / 3,0	1,2 / 1,3
Карина	8,5 / 6,8	6,5 / 4,8	1,3 / 1,4	7,8 / 6,1	6,3 / 4,9	1,2 / 1,2	8,5 / 6,8	7,5 / 5,8	1,1 / 1,1	8,5 / 6,8	7,5 / 5,8	1,1 / 1,1

Примітки: ПГ – копито правої грудної кінцівки, ЛГ – копито лівої грудної кінцівки, ЛТ – копито лівої тазової кінцівки, ПТ – копито правої тазової кінцівки, у чисельнику результати промірів до розчистки; у знаменнику – після її проведення.

1 2 3

Рис. 1. Кобила Тагіра, 5 років, голштинська верхова, ворона:
1. Тріщина копита та гниття білої лінії; 2, 3. Гострокутні копита.

При первинному огляді коня Болівар було виявлено, що стінка копита лівої грудної кінцівки на 7,8 % коротша ніж права, а довжина п'яти навпаки, на 8,4 % більша. Оцінюючи стан копит тазових кінцівок, встановили, що копито правої кінцівки було у п'яті на 21,8 % нижче, ніж за лівої (рис. 2).

Після обрізки копит довжини стінок зачепа та п'яти лівої грудної кінцівки залишалися відповідно меншими на 8,7 % та 14,0 % порівняно з правою. Варто зазначити, що довжина п'яти правої тазової кінцівки була на 25,0 % менше, ніж лівої тазової кінцівки.

Рис. 2. Болівар, мерин, 7 років:
1. Кліше; 2. Ділянка тонкої копитної стінки (ліва грудна кінцівка); 3. Деформація копитної капсули; 4. Низька п'ята.

Оцінюючи стан рогової капсули коня Орлик, ми встановили чисельні заломи копитної стінки (рис. 3). За допомогою промірів з'ясували, що зачепна стінка копита лівої грудної кінцівки була на 7,3 % довшою, ніж права грудна кінцівка, а відповідно п'ята – меншою на 18,6 %. Розміри копитець тазових кінцівок суттєво не відрізнялися.

Відповідно, після розчистки на копиті правої грудної кінцівки на 50,0 % зріс показник співвідношення стінки до п'яти, а на копиті лівої грудної кінцівки лише на 7,6 %. За рахунок зрізання зачепної стінки зазначене співвідношення зросло на тазових кінцівках на 14,2 %.

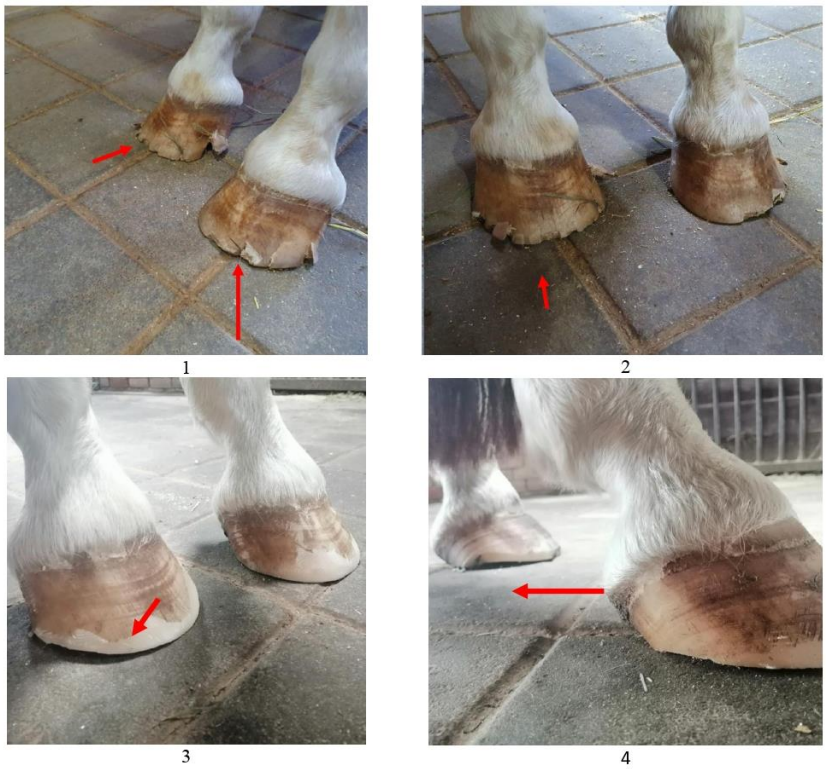


Рис. 3. Мерин Орлик, гуцульська порода, 10 років:
1, 2. Заломи; 3, 4. Стан стінки.

При обстеженні рогової капсули 11-річної міні-поні сірої масті Бусі не виявлено різниці в параметрах копит правої та лівої грудних кінцівок. Водночас спостерігаються суттєві відмінності на тазових кінцівках. Так, зачеп лівої тазової кінцівки був на 16,4 % довшим порівняно з правою грудною кінцівкою, а висота п'яти більшою на 24,4 %. Після обрізки на грудних та тазових кінцівках спостерігали зростання співвідношення стінок зачепної до п'яти на 16,7 % крім лівої тазової кінцівки, де воно залишилося без змін.

Планіметричні дослідження кобили Карини свідчать, що копита грудних кінцівок були з виражено відросшим зачепом (права та ліва грудні кінцівки). Ріст копит (правої та лівої грудної, правої та лівої тазової кінцівок) помірно рівномірний після проведеної розчистки, довжина зачепної стінки в копитах грудних кінцівок зменшилася на 25,0–27,8 %, довжина п'яти відповідно на 28,5–35,4 %, копитця збільшували кут зачепу до підошви, свідченням чого було зростання співвідношення зачепу до п'яти (права грудна кінцівка) на 7,6 %. Оцінюючи копита тазових кінцівок, з'ясували, що після розчистки співвідношення стінок залишилося без змін (рис. 4).

Рис. 4. Кобила Каріна, 17 років, гуцульська порода.
косе копито (ліва тазова кінцівка).

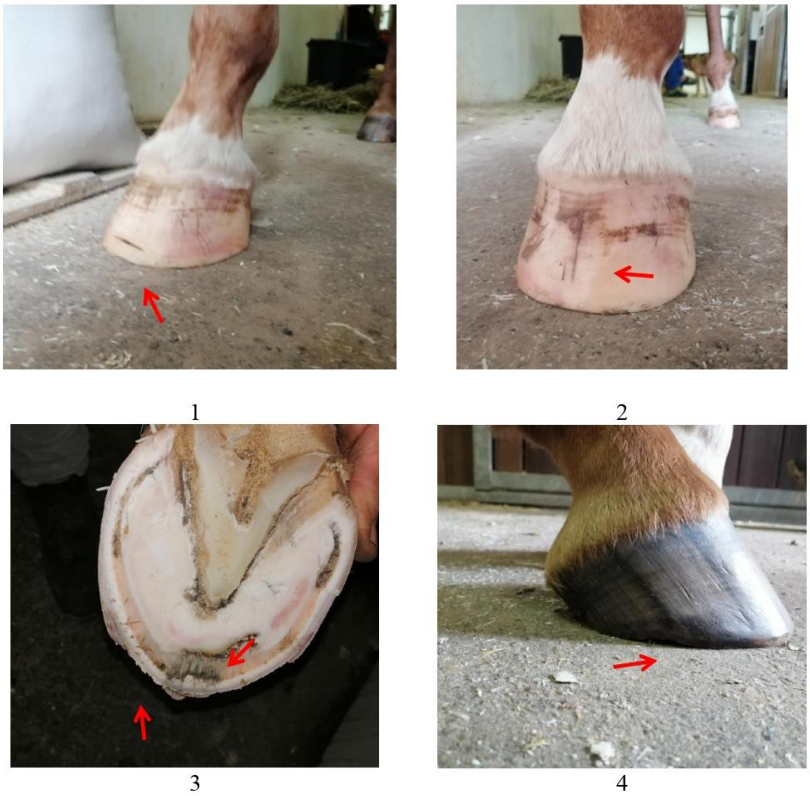
У мерина Ванько за допомогою промірів встановлено, що на грудних кінцівках довжина зачепної стінки правої грудної кінцівки була на 11,6 % більшою, ніж на лівій грудній кінцівці, а п'яти

відповідно на 13,1 %. На тазових кінцівках не пропорційно зберігалися низькі п'яти (рис. 5). Після проведеної розчистки на тазових кінцівках зросло співвідношення зачепної стінки до п'яткової на 8,5 %. Зважаючи на виявлену розсідину та гниття стрілки, здійснили локальне лікування розчиненим 10,0 % сульфатом міді. Після проведення вищезазначених маніпуляцій досягли таких результатів: правильна постава коня, зміна та перенесення балансу копита з внутрішнього наступу копитної долі на повноцінний наступ копита на землю, прибрані заломи в ділянці зовнішньої копитної стінки та проведене лікування стрілки.

1 2 3

Рис. 5. Мерин Ванько, 16 років, українська верхова порода, гнідий:
1, 2. Розсідина копитної стінки; 3. Тріщина в ділянці білої лінії.

У кобили Пулі під час огляду спостерігали залом копитної стінки, який вдалося усунути після ортопедичної розчистки. Після видалення стінок копита, що надмірно відросли, вони набули правильної форми (рис. 6).



1 2

3 4

Рис. 6. Кобила Пуля, 18 років, українська верхова порода, гніда:
1, 2. Поверхнева тріщина копитної стінки; 3. Відшарування копитної стінки та пододерматит. 4. Низька п'ята.

Отже, в умовах досліджуваних господарств завдяки проведенню діагностичних та планіметричних досліджень вдалося виявити коней, що потребували розчистки, а запропонована схема та

послідовність дій під час її проведення дали змогу зробити всі маніпуляції максимально ефективними та безпечними як для тварини, так і для лікаря ветеринарної медицини.

Варто пам'ятати, що головним критерієм при розчистці копит вважається положення копитної кістки. Нижня поверхня копитної кістки повинна бути паралельною землі. Тільки за такої умови вага тварина буде розподілятися правильно, а копитний механізм буде злагоджено працювати. З такою позицією погоджується велика кількість науковців та практиків: Іздепський, та ін., 2010; Невзорова, 2010; Передера та Сахарова, 2012 [17–20]. Найпоказовішою ознакою правильного положення копитної кістки в копитній капсулі є кут нахилу лінії вінчика, який у здорових тварин як для передніх, так і задніх кінцівок, становить 30°. Причому лінія вінчика має бути прямою, без вигинів [21]. Схил підошви копита відіграє важливу роль у копитному механізмі. Найбільша увігнутість знаходиться в ділянці верхівки стрілки і складає у коней 1,5–2 см [22], а кут нахилу копитної стінки передніх копит має бути гострішим, ніж задніх [23].

Висновки

1. Встановлено, що у коней в умовах кінних господарств «KK–delight» (м. Бортничі), «Золота підкова» (м. Фастів) та ЧП «Metal Horse» (м. Яготин) Київської області деформації копит діагностуються у 25 % тварин та супроводжуються порушенням рухової активності, недостатнім виносом кінцівок та кульгавістю різного ступеня. Здійснення розчистки копит грудних та тазових кінцівок дало змогу зменшити довжину зачепної стінки в копитах і довжину п'яти, збільшити кут зачеп до підошви, свідченням чого стало зростання співвідношення довжин стінок і п'ят.

Перспективи подальших досліджень Під час подальших досліджень планується проаналізувати хірургічну патологію серед коней господарств Полтавській області.

References

1. Levadniy, V. (1935). *Kovalska sprava. Dogliad za kopitami koney*. Kiiv: Derjavne vidavnictvo kolgospnoi i radgospnoi literaturi USRR [In Ukrainian].

2. Moyer, W. (1989). Clinical examination of the equine foot. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, 5 (1), 29–46. doi: 10.1016/s0749-0739(17)30602-8

3. Turner, T. A. (2003). Examination of the equine foot. *The Veterinary Clinics of North America. Equine practice*, 19 (2), 309–332. doi: 10.1016/s0749-0739(03)00023-3

4. Clayton, H. M., Gray, S., Kaiser, L. J., & Bowker, R. M. (2011). Effects of barefoot trimming on hoof morphology. *Australian Veterinary Journal*, 89 (8), 305–311. doi: 10.1111/j.1751-0813.2011.00806.x

5. Goodman, N. L., & Baker, B. K. (1990). Lameness diagnosis and treatment in the quarter horse racehorse. *The Veterinary clinics of North America. Equine Practice*, 6 (1), 85–108. doi: 10.1016/s0749-0739(17)30558-8

6. Goodman, N. L. (2011). The racing Quarter Horse. In: Ross, M. W., Dyson, S. J., (Editors). *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. 2nd edition. St. Louis: Elsevier Saunders; 1051–1056. doi: 10.1016/C2009-0-50774-X

7. Dyson, S. (2007). Diagnosis and management of common suspensory lesions in the forelimbs and hindlimbs of sport horses. *Clinical Techniques in Equine Practice*, 6, 179–188. doi: 10.1053/j.ctep.2007.08.004

8. Mansmann, R. A., James, S., & Blikslager, A. T. (2010). Long toes in the hind feet and pain in the gluteal region: an observation study of 77 horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 30, 720–726. doi: 10.1016/j.jevs.2010.11.007

9. Redden, R. F. (2003). Clinical and radiographic examination of the equine foot. In Proceedings. *American Association of Equine Practitioners*, 49, 169–185.

10. Eliashar, E., McGuigan, M. P., & Wilson, A. M. (2004). Relationship of conformation and force applied to the navicular bone of sound horses at the trot. *Equine Veterinary Journal*, 36, 431–435. doi: 10.2746/0425164044868378

11. Redden, R. F. (2003). Hoof capsule distortion: understanding the mechanisms as a basis for rational management. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 19, 443–462. doi: 10.1016/s0749-0739(03)00027-0

12. Porter, E. G., & Werpy, N. M. (2014). New Concepts in Standing Advanced Diagnostic Equine Imaging. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 30, 1, 239–268. doi: 10.1016/j.cveq.2013.11.001

13. Hagen, J., Bos, R., Brouwer, J., Lux, S., & Jung, F. T. (2021). Influence of trimming, hoof angle and shoeing on breakover duration in sound horses examined with hoof-mounted inertial sensors. *Veterinary Record*, 189 (4), 450. doi: 10.1002/vetr.450

14. Honnas, C. M., Dabareiner, R. M., & McCauley, B. H. (2003). Hoof wall surgery in the horse: approaches to and underlying disorders. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 19 (2), 479–499. doi: 10.1016/S0749-0739(03)00002-6

15. Kulynych, S. M., Omelchenko, G. O., Avramenko, N. O., Zezekalo, M. A., & Karpenko, I. O. (2020). Studying the state of horse distal limb segment in the horse club "Astride riding in Poltava". *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 210–217. doi: 10.31210/visnyk2020.04.26

16. Kulynych, S. M., Omelchenko, G. O., Avramenko, N. O., Zezekalo, M. A., & Mostovy, S. O. (2020). Analysis of surgical pathology in the horse club "Horse riding in Poltava". *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 189–195. doi: 10.31210/visnyk2020.01.23

17. Iakovsen, V. (1931). *Uchenie o kovke loshadi i bolezniah kopit.* 2e izdanie. Moskva: SKHGIZ [In Russian].

18. Izdepskiy, V. Y., Stockiy, O. G., Peredera, R. V., Lazorenko, A. B., & Izdepskiy, A. V. (2010). *Hirurgichni hvorobi koney*. Lugansk: Elton-2 [In Ukrainian].

19. Nevzorova, L. (2010*). Teoriya i practika shkol'noy raschistki. Seriya Loshadiniy menedjment "Nevzorov Haute Ecole": Ungulologiya*. Sankt-Peterburg: OOO "Nevzorov Ot Ecole" [In Russian].

20. Peredera, R. V., & Sakharova, O. Yu. (2012). Vyrivniuvannia medio-lateralnoho dysbalansu kopyt u konei. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 1, 135–138. doi: 10.31210/visnyk2012.01.33 [In Ukrainian].

21. Thomason, J. J. (2010). Variation in surface strain on the equine hoof wall at the midstep with shoeing, gait, substrate, direction of travel, and hoof shape. *Equine Veterinary Journal*, 30 (S26), 86–95. doi: 10.1111/j.2042-3306.1998.tb05126.x

22. Davies, H. (2007). Biomechanics of the Equine Foot. *Equine Podiatry*, 42–56. doi: 10.1016/b978-072160383-4.50007-4

23. Pollitt, C. C. (1998). The anatomy and physiology of the hoof wall. *Equine Veterinary Education*, 10 (6), 318–325. doi: 10.1111/j.2042-3292.1998.tb00902.x

24. Shtol, U. (1870*). Prakticheskaya kovka loshadey*. Sankt-Peterbúrg: Nekludova N. [In Russian].

25. Souza, A. F., Kunz, J. R., Laus, R., Moreira, M. A., Muller, T. R., & Fonteque, J. H. (2016). Biometrics of hoof balance in equids. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 68 (4), 825–831. doi: 10.1590/1678-4162-8848

26. Sarbash, D. V., Rublenko, M. V., Kantemir, O. V., Zayika, P. O., Slusarenko, D. V., & Siniagovs'ka, K. A. (2018). *Ortopediya koney*. Navchal'niy posibnik. Kharkiv: HDZVA [In Ukrainian].

27. Shtrasser, H. (2004). *Kopita loshadi. Polnocenniy uhod i lechenie*. Moskva: Izvestiya [In Russian]

28. Weinberger, T., & Gather, C. (2018). Fachtierärztin für pferde protokoll über eine kaufuntersuchung beim pferd. *Pferdeklinii burg muggenhausen gmbh.* 11. Retrieved from: https://pferde-klinik.de/download/AKU.pdf

29. Nassau, R. V. (2009). *Poroki i bolezni kopyt: problemy kovki. Stroenie kopyta. Raschistka i kovka. Poroki kopyt i sposoby ih ustranenija. Zabolevanija kopyt i ih lechenie*. Moskva: Akvarium Print [In Russian]

30. Myhai, D. (2019). Shchob kopyta u tvaryn buly zdorovymy – *Slobidskyi krai*. Retrieved from: https://www.slk.kh.ua/news/korisno/shchob-kopita-buli-zdorovimi.html [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 17.03.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Кулинич С. М., Крамаренко В. В., Зезекало М. А., Омельченко Г. О., Авраменко Н. О. Ефективність проведення ортопедичної розчистки копит у коней. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 223–231.

© Кулинич Сергій Миколайович, Крамаренко Володимир Валентинович, Зезекало Микола Андрійович, Омельченко Ганна Олексіївна, Авраменко Наталія Олексіївна, 2022

Veterinary medicine
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 599.322/.324.616-071 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.27**

CHANGES IN CLINICAL AND HEMATOLOGICAL STATUSES IN THE CHILEAN WHITES OF DEGU FOR DIABETES

T. Lokes-Krupka[1]* ORCID 0000-0002-6302-9615
M. Tsvilichovsky[2] ORCID 0000-0002-5663-6644
S. Kravchenko[1] ORCID 0000-0002-7420-9320
T. Burda[1] ORCID 0000-0002-2262-9040

[1] Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody Str., Poltava, 36003, Ukraine
[2] National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15, Heroiv Oborony Str., Kyiv 03041, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: terra_vet@ukr.net

How to Cite

Lokes-Krupka, T.,Tsvilichovsky, M., Kravchenko, S., & Burda, T. (2022). Changes in clinical and hematological statuses in the chilean whites of Degu for diabetes. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 232–238. doi: 10.31210/visnyk2022.02.27

The article presents the results of the analysis of four Degu squirrels (Octodon degus) patients with diabetes. The main goal of the conducted research was to investigate the clinical and hematological indicators of the pathology. Significant violations of conditions of maintenance and diet were established. In turn, this led to the development of pathology. In the course of clinical studies, suppression of the general clinical condition was found in 100 % of animals. Classic polyuria and polydipsia were characteristic manifestations of diabetes in Degu squirrels. These clinical signs are evidence of the development of intoxication and ketoacidosis in animals with pathology. An important element of the clinical manifestation is also the development of visual disturbances. In the most severe case, the development of cataract was registered. Most of the animals (75 %) were overweight, and the squirrel with cataracts lost weight. With the determination of hematological indicators of patients with diabetes mellitus, significant blood clotting was revealed. Presumably, this happened as a result of the development of intoxication in animals. This is evidenced by an increase in the number of erythrocytes and hemoglobin content by 27.8 and 30.1 % ($p \leq 0.01$) compared to the control group of animals. The presence of an inflammatory process was also recorded in sick animals as a result of hematological studies. This result was confirmed by an increase in the number of leukocytes by 62.7 % ($p \leq 0.01$) compared to clinically healthy animals. Since the metabolism of carbohydrates undergoes significant changes in animals with diabetes, it is necessary to determine the glucose content in the blood. It should be noted the additional need to conduct a test for glucose tolerance in Degu protein for diabetes. That is, determining the content of the indicator before and after feed consumption. As a result of the research, a significant difference was found in the Degu protein values of the control and experimental groups. In particular, animals with diabetes have a significantly higher level of glucose even on an empty stomach (by 3.7 times) compared to clinically healthy animals. After feeding a portion of fodder, the protein of the control group did not significantly change the glucose index, on the other hand, the protein of the experimental group increased by 28.0% compared to the fasting indicator. In this way, it is possible to establish a significant violation of carbohydrate metabolism in the Degu protein of patients with diabetes.

Key words: *Octodon degus, diabetes, hyperglycemia, cataract, insulin resistance*.

ЗМІНИ КЛІНІЧНОГО ТА ГЕМАТОЛОГІЧНОГО СТАТУСІВ У ЧІЛІЙСЬКИХ БІЛОК ДЕГУ ЗА НАЯВНОСТІ ЦУКРОВОГО ДІАБЕТУ

***Т. П. Локес-Крупка*[1], *М. І. Цвіліховський*[2], *С.О. Кравченко*[1], *Т. Л. Бурда*[1]**
[1] Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна
[2] Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

У роботі наведені результати дослідження чотирьох хворих на цукровий діабет білок Дегу (Octodon degus). Основною метою проведених досліджень було з'ясувати клінічні та гематологічні показники за цієї патології. Встановлено значні порушення умов утримання та раціону, що своєю чергою і призвело до розвитку патології. Під час проведення клінічних досліджень виявлено пригнічення загально клінічного стану у 100 % тварин. Характерними проявами цукрового діабету у білок Дегу були класичні поліурія та полідипсія. Ці клінічні ознаки є свідченням розвитку інтоксикації та кетоацидозу у тварин з такою патологією. Також важливим елементом клінічного прояву є розвиток порушень зору, у найтяжчому випадку реєстрували розвиток катаракти. Більшість тварин (75 %) мали надмірну вгодованість, а білка, що мала катаракту, навпаки – схудла. Під час визначення гематологічних показників хворих на цукровий діабет білок виявлено значне згущення крові, імовірно, внаслідок розвитку інтоксикації у тварин. Про що свідчить зростання кількості еритроцитів та вмісту гемоглобіну на 27,8 та 30,1 % ($p \leq 0,01$) порівняно із контрольною групою тварин. Також у хворих тварин за наслідками гематологічних досліджень зафіксовано наявність запального процесу, що підтверджувалось зростанням кількості лейкоцитів на 62,7 % ($p \leq 0,01$) порівняно з клінічно здоровими тваринами. Оскільки саме за наявності цукрового діабету у тварин значних змін зазнає обмін вуглеводів, необхідним є визначення вмісту глюкози у крові. Варто відмітити додаткову необхідність проведення тесту на толерантність до глюкози у білок Дегу з цукровим діабетом, тобто визначити вміст показника до і після споживання корму. У результаті проведених досліджень виявлено значну різницю в показниках у білок Дегу контрольної та дослідної груп. Зокрема у тварин із цукровим діабетом виявлено значно вищий показник рівня глюкози навіть натще (у 3,7 раза) порівняно із клінічно здоровими тваринами. Після згодовування порції корму у білок контрольної групи достовірно показник глюкози не змінився, натомість у білок дослідної групи він ще зріс на 28,0 % порівняно із показником натще. Отже, можна встановити у білок Дегу, хворих на цукровий діабет, значне порушення вуглеводного обміну.

Ключові слова: *Octodon degus, цукровий діабет, гіперглікемія, катаракта, інсулінорезистентність.*

Вступ

Останнім часом спостерігається тенденція до утримання нетрадиційних тварин-компаньйонів, також відомих як екзотичні домашні тварини. До таких домашніх тварин належать папуги, рептилії, амфібії та кролики, а також невеликі види гризунів, наприклад, Дегу та морські свинки. Багато з цих екзотичних видів домашніх тварин не одомашнені і часто мають особливі потреби в неволі, задовільнити які в багатьох власників немає можливостей чи знань. Утримання тварин в умовах, до яких вони погано пристосовані, є загрозою їхньому здоров'ю [1, 2].

Octodon degus – це кавіоморфний гризун із Центрального Чилі, який був описаний як денний зі значною активністю на світанку та в сутінках, він є унікальну модель для вивчення фізіологічних і поведінкових рис, включаючи когнітивні та сенсорні здібності [3]. Дегу живуть колоніями і мають добре структуровану соціальну організацію, з переважно добово-сухурчастою циркадною активністю. Більш примітним є той факт, що в неволі вони розмножуються і живуть від 5 до 7 років і мають ознаки нейродегенеративних захворювань (включаючи хворобу Альцгеймера), діабет та рак [1, 4].

Octodon degus – це денно-вечірній гризун з двоколірним зором. Співвідношення та розподіл паличок і колбочок сітківки істотно варіюється залежно від середовища проживання та способу життя [5, 6]. Сітківка Дегу має М-колбочки із зеленою чутливістю (λmax = 510 нм) і S-колбочки з ультрафіолетовою (УФ) чутливістю (λmax = 370 нм), що є унікальним для денного гризуна. У більшості таксонів гризунів S-колбочки мають синю чутливість, що залежить від амінокислот, присутніх у кількох ключових положеннях. УФ-колбочки Дегу були підтверджені електроретинографією, поведінкою, імуноцитохімією та частковими послідовностями опсину. Чому деякі гризуни мають чутливі до ультрафіолетового випромінювання та фіолетові колбочки, невідомо,

але припускається, що вони корисні для статевого відбору, навігації, пошуку їжі, об'єктів та виявлення сечі [7].

Найпоширенішими захворюваннями Дегу є набуті захворювання зубів (60,0 %) зі значно більшою поширеністю у старших тварин ($p<0,001$), алопеція шкіри внаслідок пережовування хутра (13–33 %) та катаракта кришталикова (13–33 %) [8]. Інші поширені розлади включають травматичні ушкодження м'яких тканин (рани від укусів), травматичні переломи, діарею, цукровий діабет та хворобу Альцгеймера. Репродуктивні розлади найчастіше пов'язані з дистоцією та патологічними змінами в постнатальному періоді [9–12].

Молекулярні та гістологічні дані свідчать про те, що у цих гризунів існує природна резистентність до інсуліну через їх нижчу метаболічну активність та знижену здатність зв'язування з інсуліновими рецепторами. У спійманих Дегу рівень глюкози подібний до інших ссавців, а непереносимість глюкози у цих видів обумовлена різною фізіологічною активністю інсуліну та загальною недостатністю їх підшлункової залози [13].

Дегу, безсумнівно, має сильну схильність до діабету в результаті інсулінорезистентності, але повідомлення про амілоїдоз острівців Лангерганса та інсулін, пов'язаний з цитомегаловірусом, свідчать про те, що діяльність підшлункової залози у цього виду загалом не досконала. У природному середовищі у білок Дегу досить рідко розвивається цукровий діабет. Ймовірно, це є результатом дієти на природних пасовищах, багатих білками і низьким вмістом вуглеводів [11, 14–17].

У лабораторних умовах незначна зміна споживання вуглеводів призводить до розвитку стійкої гіперглікемії та глюкозурії, яку реєструють і у тварин інших видів за наявності патології [18]. При годівлі білок Дегу раціоном, що включає лише прості вуглеводи, є значний ризик розвитку цукрового діабету із супутньою патологією (діабетична нефропатія та катаракта) [19].

Було припущено, що Дегу особливо добре підходить як модель тварин для дослідження помутніння кришталика, яке розвивається природним чином у тварин, вирощених у лабораторії [20–23]. Дегу мають підвищену сприйнятливість до розвитку катаракти там, де є значна дезорганізація епітелію кришталика, навіть до помутніння, катаракта розвивається у Дегу вторинно відносно цукрового діабету [24].

Однією з можливих причин сприйнятливості цих тварин до розвитку катаракти є висока активність альдозоредуктази у кришталику порівняно з людською. Інгібування цього ферменту через введення кверцитрину спричинює затримку утворення катаракти у Дегу. Крім того, високі рівні альдитолу, які спостерігаються у кришталику Дегу 6-місячного віку, також виявляються у кришталику людини [25–28].

Основною *метою* проведених досліджень було дослідити клінічні та гематологічні показники у білок Дегу (*Octodon degus*) за наявності цукрового діабету.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі *завдання*: вивчити особливості біологічного виду *Octodon degus*; визначити фізіологічні норми показників вуглеводного обміну для цього виду тварин; визначити клінічні прояви цукрового діабету; визначити гематологічні зміни за наявності патології.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили на базі клініки ветеринарної медицини ФОП Т. П. Локес-Крупка. Після реєстрації з'ясовували умови утримання та годівлі тварин. Дослідна група включала чотири білки Дегу з ознаками цукрового діабету, для порівняння результатів використовували контрольну групу тварин, до якої увійшли чотири тварини без видимих ознак будь-якої патології.

Для з'ясування діагнозу тварин досліджували за допомогою клінічних та лабораторних методів дослідження. Обстеження гризунів здійснювали за такою схемою:

- збір анамнезу;
- визначення видимих клінічних ознак цукрового діабету;
- гематологічні дослідження;
- корекція умов утримання та раціону гризунів.

Кров для дослідження відбирали з хвостової вени. Загальний обсяг крові, що можна безпечно відібрати у тварин для дослідження, зазвичай, становить від 0,5–1,0 % маси тіла [29]. Оскільки у тварин цього виду дуже обмежена дозволена на відбір кількість крові, ми визначили найнеобхідніші показники, а саме кількість еритроцитів, лейкоцитів (у камері із сіткою Горяєва), вміст гемоглобіну (геміглобінціанідним методом із ацетонціангідрином) та глюкози (за допомогою глюкометру GAMMA Diamond). Під час забору крові дотримувалися правил асептики та антисептики.

Проведення статистичних розрахунків виконували за допомогою стандартного пакету “Statistica” (Microsoft Exsel 2007). Визначали середню арифметичну (M), а також статистичну помилку середньої арифметичної (m), достовірність різниці дослідних варіаційних рядів з урахуванням t-критерію Стьюдента.

Результати досліджень та їх обговорення

Дослідження Дегу проводили при їх фіксації господарем або, знерухомлюючи їх шляхом загортання в рушник навколо тіла.

У контрольній групі Дегу виглядали спокійно, були помірно активними, мали гарний апетит, якість шерсті була висока, шкіра без уражень та пошкоджень, білки мали гарну вгодованість. Під час проведення клінічних досліджень тварин за наявності цукрового діабету дотримувались тих саме правил поводження з білками Дегу.

У дослідній групі тварин (хворі на цукровий діабет) встановлено характерні клінічні ознаки, що наведені в діаграмі (рис.).

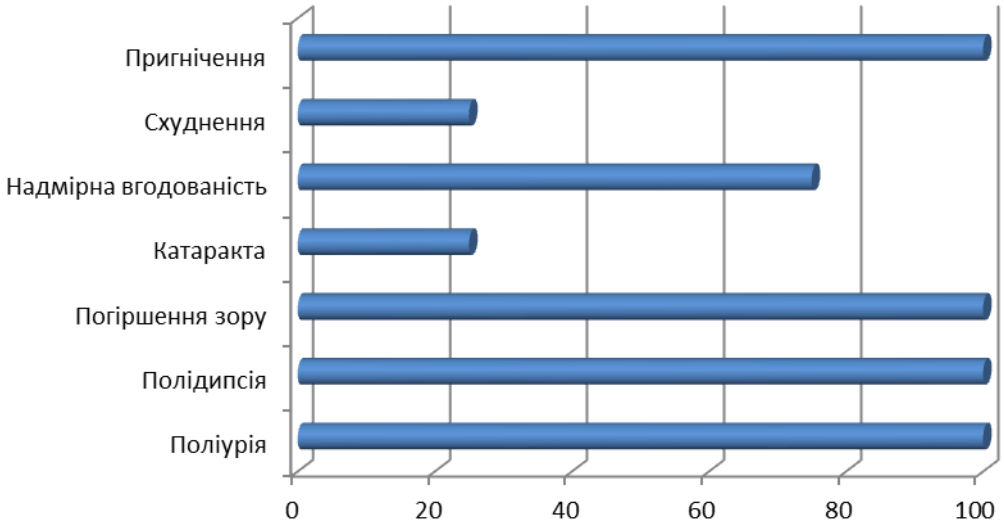


Рис. Діаграма клінічних ознак цукрового діабету у Octodon degus

Встановлено, що у всіх гризунів дослідної групи виявлено надмірне споживання води і, відповідно, посилене сечовипускання, зміна поведінки – білки стали пригніченими.

Також важливим елементом клінічного прояву є розвиток порушень зору, у найтяжчому випадку реєстрували розвиток катаракти. Більшість тварин (75%) мали надмірну вгодованість. А білка, що мала катаракту, навпаки – схудла.

Для визначення функціонального стану організму проведено лабораторні гематологічні дослідження білок Дегу обох груп (табл. 1.).

Так, провівши аналіз отриманих даних, ми можемо виявити певні відмінності у складі крові у клінічно здорових тварин та білок з цукровим діабетом.

1. Гематологічні показники у Octodon degus за наявності цукрового діабету, M±m

Показник	Контрольна група, n=4	Дослідна група, n=4	p
Еритроцити, Т/л	7,9±1,6	10,1±1,3	≤0,01
Гемоглобін, г/л	112,4±23,5	146,2±31,2	≤0,01
Лейкоцити, Г/л	8,3±0,46	13,5±0,79	≤0,01

Ми виявили розвиток запальної реакції у хворих тварин, на що вказує зростання кількості лейкоцитів на 62,7 %, порівняно з аналогічним у контрольній групі тварин.

Також зареєстровано зростання кількості еритроцитів на 27,8 % та рівня гемоглобіну на 30,1% порівняно з аналогічними у контрольній групі тварин. Означені зміни є свідченням розвитку інтоксикації організму, що часто реєструється за наявності цукрового діабету.

Важливим моментом у дослідженні рівня глюкози у білок Дегу з цукровим діабетом є проведення тесту на толерантність до глюкози, тобто визначення вмісту показника до і після споживання корму (табл. 2.)

2. Зміни рівнів глюкози крові у Octodon degus залежно від споживання корму, M±m

Показник	До прийому корму	Після прийому корму	p
Контрольна група, n=4	4,6±0,28	5,1±0,31	≥0,01
Дослідна група, n=4	16,8±1,25	21,5±2,24	≤0,01

Згідно з нашими дослідженнями можна виявити значну різницю показників у білок Дегу контрольної та дослідної груп. У тварин із цукровим діабетом встановлено значно вищий показник рівню глюкози навіть натще (у 3,7 раза) порівняно із клінічно здоровими тваринами. Після згодовування порції корму у білок контрольної групи достовірно показник глюкози не змінився, натомість у білок дослідної групи він зріс на 28,0 % порівняно із показником натще.

Отже, можна встановити у білок Дегу, хворих на цукровий діабет, значне порушення вуглеводного обміну.

Низька метаболічна активність та знижений вміст інсулінових рецепторів спричинили природну нечутливість Дегу до інсуліну (інсулінорезистентність). Видова непереносимість глюкози пов'язана з відмінностями в біологічній активності інсуліну (у Дегу активність інсуліну становить від 1 до 10 % на відміну від інших ссавців) та загальної функціональної недостатності їхньої підшлункової залози. Як і в людини, у Дегу розвивається амілоїдоз та гіперплазія острівців Лангерганса, що характерно для цукрового діабету II типу та інсуліноми. Цукровий діабет рідко розвивається у Дегу в їхньому природному середовищі. Це пов'язано з їх природним раціоном (їжа з низьким вмістом вуглеводів і багата на протеїни) [14].

Висновки

Найбільш характерними клінічними ознаками за наявності цукрового діабету у білок Дегу є поліурія, полідипсія, пригнічення, погіршення якості зору. Виявлено наявність надмірної вгодованості у 75,0 % тварин дослідної групи. Під час найбільш тяжкого перебігу патології у тварин зареєстровано схуднення та прояв катаракти. Гематологічні дослідженнями свідчать про зростання кількості лейкоцитів, еритроцитів та рівня гемоглобіну на 62,7; 27,8 та 30,1 %, відповідно ($p \leq 0,01$). Визначено, що рівень глюкози натще у хворих тварин порівняно з клінічно здоровими вищий у 3,7 раза ($p \leq 0,01$). Після споживання корму показник додатково зростав на 28,0 %.

Перспективи подальших досліджень полягають у визначенні схожих та відмінних характеристик клінічних та гематологічних показників у чилійських білок Дегу порівняно із тваринами інших видів за наявності різноманітної ендокринної патології. Визначення впливу умов утримання та раціону на розвиток внутрішньої патології і розробка рекомендації щодо профілактики.

References

1. Ardiles, A. O., Tapia-Rojas, C. C., Mandal, M., Alexandre, F., Kirkwood, A., Inestrosa, N. C., & Palacios, A. G. (2012). Post-synaptic dysfunction is associated with spatial and object recognition memory loss in a natural model of Alzheimer's disease. *Proceedings of the National Academy of Science*, 109, 13835–13840. doi: 10.1073/pnas.1201209109

2. Becker, M. I., De Ioannes, A. E., León, C., & Ebensperger, L. A. (2007). Females of the communally breeding rodent. *Octodon degus*, transfer antibodies to their offspring during pregnancy and lactation. *Journal of Reproductive Immunology*, 74, 68–77. doi: 10.1016/j.jri.2007.01.002

3. Bozinovic, F., Gallardo, P. A., Visser, R. H., & Cortés, A. (2003). Seasonal acclimatization in water flux rate, urine osmolality and kidney water channels in free-living degus: molecular mechanisms, physiological processes and ecological implications. *The Journal of Experimental Biology*, 206, 2959–2966. doi: 10.1242/jeb.00509

4. Bozinovic, F., Rojas, J. M., Broitman, B. R., & Vasquez, R. A. (2009). Basal metabolic rate in correlated with habitat productivity among populations of degus (*Octodon degus*). Comparative biochemistry and physiology. *Part A, Molecular & Integrative Physiology*, 152, 56–564. doi: 10.1016/j.cbpa.2008.12.015

5. Braidy, N., Muñoz, P., Palacios, A. G., Castellano-Gonzalez, G., Inestrosa, N. C., Chung, R. S., Sachdev, P., & Guillemin, G. J. (2012). Recent animal models For Alzheimer's disease: Clinical implications and basic research. *Journal of Neural Transmission*, 119, 173–195. doi: 10.1007/s00702-011-0731-5

6. Colonnello, V., Iacobucci, P., Fuchs, T., Newberry, R. C., & Panksepp, J. (2011). *Octodon degus*. A useful animal model for social-affective neuroscience research: basic description of separation distress, social attachments and play. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 35, 1854–1863. doi: 10.1016/j.neubiorev.2011.03.014

7. Ebensperger, L. A., Chesh, A. S., Castro, R. A., Ortiz Tolhuysen, L., Quirici, V., Burger, J. R., & Hayes, L. D. (2009). Instability rules social groups in the communal breeder rodent *Octodon degus*. *Ethology*, 15, 540–554. doi: 10.1111/j.1439-0310.2009.01635.x

8. Ebensperger, L. A., Chesh, A. S., Castro, R. A., Ortiz Tolhuysen, L., Quirici, V., Burger, J. R., Sobrero, R., & Hayes, L. D. (2011). Burrow limitations and group living in the communally rearing rodent, *Octodon degus*. *Journal of Mammalogy*, 92, 21–30. doi: 10.1644/09-MAMM-S-383.1

9. Ebensperger, L. A., Hurtado, M. J., & León, C. (2007). An experimental examination of the consequences of communal versus solitary breeding on maternal condition and the early postnatal growth and survival of degu, *Octodon degus*, pups. *Animal Behavior and Cognition*, 73, 185–194. doi: 10.1016/j.anbehav.2006.06.004

10. Ebensperger, L. A., Ramírez-Otarola, N., León, C., Ortiz, M. E., & Croxatto, H. B. (2010). Early fitness consequences and hormonal correlates of parental behaviour in the social rodent, *Octodon degus*. *Physiology & Behavior*, 101, 509–517. doi: 10.1016/j.physbeh.2010.07.017

11. Edwards, M. S. (2009). Nutrition and behavior of degus (*Octodon degus*). The veterinary clinics of North America. *Exotic Animal Practice*, 12, 237–53. doi: 10.1016/j.cvex.2009.01.003.

12. Hayes, L. D., Chesh, A. S., Castro, R. A., Tolhuysen, L. O., Burger, J. R., Bhattacharjee, J., & Ebensperger, L. A. (2009). Fitness consequences of group living in the degu *Octodon degus*, a plural breeder rodent with communal care. *Animal Behavior and Cognition*, 78, 131–139.

13. Homan, R., Hanselman, J. C., Bak-Mueller, S., Washburn, M., Lester, P., Jensen, H. E., Pinkosky, S. L., Castle, C., & Taylor, B. (2010). Atherosclerosis in Octodon degus (degu) as a model for human disease. *Atherosclerosis*, 212, 48–54. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2010.06.004

14. Inestrosa, N. C., Reyes. A. E., Chacon, M. A., Cerpa, W., Villalon, A., Montiel, J., Merabachvili, G., Aldunate, R., Bozinovic, F., & Aboitiz, F. (2005). Human-like rodent amyloid-beta-peptide determines Alzheimer pathology in aged wild-type *Octodon degu*. *Neurobiology of Aging*, 26, 1023–1028. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2004.09.016

15. Oliva, C. A., Rivera, D. S., Mariqueo, T. A., Bozinovic, F., & Inestrosa, N. C., (2022). Differential Role of Sex and Age in the Synaptic Transmission of Degus (*Octodon degus*). *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 28 (16), 799147. doi: 10.3389/fnint.2022.799147

16. Barth, C., Villringer, A., & Sacher, J. (2015). Sex hormones affect neurotransmitters and shape the adult female brain during hormonal transition periods. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 9, 37. doi: 10.3389/fnins.2015.00037

17. Bauer, C. M., Correa, L. A., Ebensperger, L. A., Romero, L. M. (2019). Stress, sleep, and sex: a review of endocrinological research in *Octodon degus*. *General and Comparative Endocrinology*, 273, 11–19. doi: 10.1016/j.ygcen.2018.03.014

18. Lokes-Krupka, T. P., & Tsvilikhovsky, M. I. (2019). Clinical and morphometric indices in domestic cats and dogs suffering from obesity because of diabetes. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 221–227. doi: org/10.31210/visnyk2019.03.30

19. Naya, D. E., Ebensperger, L. A., Sabat, P., & Bozinovic, F. (2008). Digestive and metabolic flexibility allows female degus to cope with lactation costs. *Physiological and Biochemical Zoology*, 81, 186–194. doi: 10.1086/527453

20. Okanoya, K., Tokimoto, N., Kumazawa, N., Hihara, S., & Iriki, A. (2008). Tool-use training in a species of rodent: the emergence of an optimal motor strategy and functional understanding. *PLoS One*, 3, 1860. doi: 10.1371 journal.pone.0001860

21. Palacios, A.G., & Lee, T. M. (2013). Husbandry and breeding in the *Octodon degus* (Molina1782). *Cold Spring Harbor protocols*. doi: 10.1101/pdb.prot073577.

22. Popovic, N., Bano-Otalora, B., Rol, M. A., Caballero-Bleda, M., Madrid, J. A., & Popovic M. (2009). Aging and time-of-day effects on anxiety in female Octodon degus. *Behavioural Brain Research*, 200, 117–121. doi: 10.1016/j.bbr.2009.01.001

23. van Groen, T., Kadish, I., Popovic, N., Popovic, M., Caballero-Bleda, M., Bano-Otalora, B., Vivanco, P., Rol, M. A., & Madrid, J. A. (2011). Age-related brain pathology in Octodon degu: blood vessel, white matter and Alzheimer-like pathology. *Neurobiology of Aging*, 32, 1651–1661. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2009.10.008

24. Vivanco, P., Rol, M. A., Madrid, J. A. (2010). Temperature cycles trigger nocturnalism in the diurnal homeotherm *Octodon degus*. *Chronobiology International*, 27, 517–534. doi: 10.3109/07420521003743660.

25. Vosko, A. M., Hagenauer, M. H., Hummer, D. L., & Lee, T. M. (2009). Period gene expression in the diurnal degu (*Octodon degus*) differs from the nocturnal laboratory rat (*Rattus norvegicus*). *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 296, 353–361. doi: 10.1152/ajpregu.90392.2008

26. Hocker, S. E., Eshar, D., & Wouda, R. M. (2017). Rodent oncology: diseases, diagnostics, and therapeutics. The veterinary clinics of North America. *Exotic Animal Practice*, 20 (1), 111–134. doi: 10.1016/j.cvex.2016.07.006

27. Jekl, V., Hauptman, K., & Knotek, Z. (2011). Diseases in pet degus: A retrospective study in 300 animals. *The Journal of Small Animal Practice*, 52, 107–112. doi: 10.1111/j.1748-5827.2010.01028.x

28. Smith, K. M., Smith, K. F., & D'Auria, J. P. (2012). Exotic Pets: Health and Safety Issues for Children and Parents. *Journal of Pediatric Health Care*, 26 (2), e2–e6. doi: 10.1016/j.pedhc.2011.11.009

Стаття надійшла до редакції: 10.04.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Локес-Крупка Т. П., Цвіліховський М. І., Кравченко С.О., Бурда Т. Л. Зміни клінічного та гематологічного статусів у чілійських білок Дегу за наявності цукрового діабету. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 232–238.

© Локес-Крупка Терезія Петрівна, Цвіліховський Микола Іванович, Кравченко Сергій Олександрович, Бурда Тетяна Леонідівна, 2022

Veterinary medicine
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 614.9:636.09:636.09-051:615.615. | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.28**

THE EFFECT OF A2-ADRENOCEPTOR AGONISTS ON THE BODY OF LABORATORY MICE WITH ITS LONG-TERM USE

A. Omelyanenko ORCID 0000-0002-6119-6460

Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody Str., Poltava, 36003, Ukraine
E-mail: eposy199111@gmail.com

How to Cite *Omelyanenko, A. (2022). The effect of α2-adrenoceptor agonists on the body of laboratory mice with its long-term use. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 239–247. doi: 10.31210/visnyk2022.02.28*

Virtually all drugs used in anesthesia in both veterinary and human medicine, to some extent, have a variety of side effects on body functions. This is what motivates scientists to search for and implement new, safer and more effective schemes of combined anesthesia. To this end, new anesthetics undergo a large number of trials and tests, and only then they are launched on the pharmaceutical market. In particular, the safety of such drugs is relevant in severe cases, when the animal needs long-term administration. Therefore, this study aimed to determine the effect of Sedazine and Dexmedetomidine with their long-term use on the general clinical condition and functions of the internal organs of white mice, and the changes they cause. The work was performed on the basis of the Regional State Laboratory of the State Food and Consumer Service in Poltava region. To study the effects of Sedazin (Biovet Bulavi, Poland) and Dexmedetomidine (Orion Pharma, Finland) on the functions of internal organs and changes that occur under their influence with prolonged use, two groups of white mice of the same age group were formed. Mice in both groups were administered intramuscular anesthetics at a dose of 0.1 ml once a day for five consecutive days: Sedazine in the control group; experimental - Dexmedetomidine. During the experiment, animals of both groups were observed, in particular: coordination of mouse movements; changes in the respiratory function of the body (the number of respiratory movements and their depth), metabolic parameters (changes in appetite, problems with the act of defecation or urination); the time spent waking the animal. Monitoring of vital signs was performed in 3 stages: 1) before drug administration; 2) 15 minutes after administration; 3) after waking up. Studies show that long-term use of Dexmedetomidine increases the frequency of respiratory movements in mice by an average of 5% with each passing day, and Sedazin – by 6.7%, which may indicate a negative effect of these drugs with long-term use on respiratory function. It was found that the time of awakening with each subsequent administration of drugs lengthens, with the use of Dexmedetomidine – by 8 %, and Sedazine – by 8.4 %. Also in both groups there were problems with appetite (towards its reduction) and the act of defecation, which is a sign of deterioration of the general condition of animals.

Keywords: *Dexmedetomidine, Sedazine, α2-adrenergic receptor agonists, laboratory mice, veterinary anesthesiology.*

ВПЛИВ АГОНІСТІВ А2 – АДРЕНОРЕЦЕПТОРІВ НА ОРГАНІЗМ ЛАБОРАТОРНИХ МИШЕЙ ЗА УМОВИ ТРИВАЛОГО ВИКОРИСТАННЯ

О. Є. Омельяненко
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Практично всі препарати, що використовуються в анестезіологічній практиці як ветеринарної, так і гуманної медицини, тією чи тією мірою мають різноманітні побічні ефекти на функції організму. Саме це спонукає науковців до пошуку та впровадження у практику нових, більш

безпечних та ефективних схем комбінованого наркозу. З цією метою нові анестезіологічні препарати проходять велику кількість апробацій та досліджень, і лише після цього випускаються на ринок лікарських засобів. Особливо питання безпечності таких препаратів актуальне у важких випадках, коли тварині необхідне тривале їх введення. Тому метою цього дослідження було встановити вплив Седазину і Дексмедетомідину при їх тривалому застосуванні на загальний клінічний стан та функції внутрішніх органів білих мишей та змін, що вони спричиняють. Роботу виконували на базі Регіональної державної лабораторії Держпродспоживслужби в Полтавській області. Для вивчення впливу препаратів Седазин (Біовет Булави, Польща) та Дексмедетомідин (Orion Pharma, Фінляндія) на функції внутрішніх органів та змін, що виникають під цим впливом за умови тривалого застосування сформовано дві групи білих мишей однієї вікової групи. Мишам обох груп п'ять діб поспіль один раз на добу вводили внутрішньом'язово анестезіологічні препарати в дозі 0,1 мл: контрольній групі – Седазин; дослідній – Дексмедетомідин. Упродовж досліду за тваринами обох груп спостерігали, зокрема за координацією рухів мишей; змінами в дихальній функції організму (кількістю дихальних рухів і їх глибиною), метаболічними параметрами (зміни апетиту, проблеми з актом дефекації чи сечовиділенням); часом, який витрачали на пробудження тварини. Моніторинг життєво важливих показників проводили у 3 етапи: 1) перед введенням препарату; 2) через 15 хвилин після введення; 3) після пробудження. Дослідження доводять що тривале застосування препарату Дексмедетомідину сприяє збільшенню у мишей частоти дихальних рухів з кожною наступною добою у середньому на 5 %, а Седазину – на 6,7 %, що може свідчити про негативний вплив цих препаратів при довготривалому застосуванні на функцію дихання. Зафіксовано, що час пробудження з кожним наступним уведенням препаратів подовжується за умови використання Дексмедетомідину – на 8 %, а Седазину – на 8,4 %. Також у обох групах виявлено проблеми з апетитом (у бік його зменшення) та актом дефекації, що слугує ознакою про погіршення загального стану тварин.

Ключові слова: *Дексмедетомідин, Седазин, агоністи α2 – адренорецепторів, лабораторні миші, ветеринарна анестезіологія.*

Вступ

В умовах накопиченого за тривалі роки досвіду в теорії і практиці загального знеболення диких і домашніх тварин залишається проблема «ідеальності» щодо безпеки здоров'я анестезіолога і пацієнта. Дослідження усіх ризиків анестезії наразі дуже активно обговорюється у людській медицині [1]. Основною ціллю дослідження анестезії частіше є виявлення рецепторів і ділянок головного мозку, які опосередковують різні поведінкові компоненти стану анестезії, включаючи нерухомість, знеболювання [2, 3].

Анестезіологічні препарати, які використовуються для інгаляційного і неінгаляційного наркозу, мають побічні ефекти на різноманітні функції організму. У такій ситуації продовжують розробляти та освоювати нові схеми комбінованого наркозу для досягнення належного знеболювального результату при виконанні складних і тривалих оперативних втручань. Для більш безпечного використання препарати проходять безліч експериментів, у яких визначається гостра, хронічна токсичність, кумулятивні дії препаратів, алергізуючі властивості, тератогенні ефекти, канцерогенні властивості тощо [4–6]. У диких тварин, взагалі, проведення навіть незначних хірургічних процедур здебільшого потребує застосування загальної анестезії [7].

Основним питанням, що постає перед лікарем ветеринарної медицини, є вибір виду анестезії та премедикації. На сьогодні запропоновано низку препаратів для наркозу у тварин, так, агоністи α2 – адренорецепторів близько 40 років дозволені для ветеринарного користування у країнах ЄС, Канади, США, хоча перші родоначальники цього класу використовували в медицині як препарати для лікування гіпертонії і патологій центральної нервової системи. Для агоністів α2 – адренорецепторів були відкриті такі клінічні ефекти, як аналгезія, анксіолізіс, седація, міорелаксація, які послужили основою їх подальшого широкого застосування у ветеринарії для знерухомлення диких екзотичних тварин, так і в хірургії домашніх тварин. Крім зазначених клінічних ефектів застосування цієї групи препаратів призводить до значного зменшення дози ін'єкційної й інгаляційної анестезії, необхідної для індукції та підтримання анестезії. Агоністи α2 – адренорецепторів також послаблюють реакцію стресу при травмі, знижують рівень катехоламінів і кортизолу у крові після операцій. У літературі досить докладно описані негативні клінічні ефекти для агоністів у різних видів тварин. Через це застосування цих препаратів має обмеження у старих тварин, у яких в анамнезі прослідковуються проблеми з боку серцево-судинної системи [8].

Як і у всіх препаратах у агоністи α2 – адренорецепторів є побічні реакції внаслідок деякого токсичного впливу на організм, зокрема при дослідженнях на людях були виявлені зміни з боку серцево-судинної системи: артеріальна гіпотензія, брадикардія, артеріальна гіпертензія [9].

Дослідження токсичності завжди мають проходити клінічні випробовування на здорових тваринах, для цього використовують лабораторних мишей. Експерименти на тваринах необхідні для кращого розуміння захворювань і розробки нових стратегій використання. Процедури візуалізації тварин все частіше використовується в біомедичних дослідах тому, що вони краще дозволяють проводити моніторинг *in vivo* і легко доступні для малоінвазивних експериментів [10].

Також у одному експерименті були проведені дослідження нейротоксичного впливу використовуваних нині анестетиків на молодих тварин та встановлено, що у 3 експериментах не було виявлено негативного впливу дексмедетомідину на результат експерименту. При дослідженні гістологічного матеріалу з мишей у 3 випадках з 11 було виявлено активацію каспази – 3 або апоптоз [11].

При дослідженнях у 6–7-и денних мишей, у яких виявляли токсичну індуковану гіпероксію і досліджували нейропротективний ефект дексмедетомідину на головний мозок, було зроблено висновок, що досліджуваний препарат має ефект зменшення нейродегенерації і впливає на рівень параметрів окисного стресу і протизапального цитокіну [12].

При огляді інших статей було виявлено, що α-2агоністи виконують антиоксидантну дію в головному мозку [13, 14].

Тому *метою* роботи було встановити вплив Седазину і Дексмедетомідину при їх тривалому застосуванні на загальний клінічний стан та функції внутрішніх органів білих мишей та змін, що вони спричиняють.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили на базі Регіональної державної лабораторії Держпродспоживслужби в Полтавській області у період з 17.05 по 21.05 2021 року.

Для проведення експерименту було сформовано дві групи білих мишей, вагою 20–25 грам, однієї вікової групи – 40–50 діб, по 5 голів у кожній, на хутрі кожної миші було зроблено помітку різними кольорами (синій, жовтий, червоний, чорний, зелений), для виявлення індивідуальних реакцій і більшої чистоти експерименту, годівлю здійснювали повноцінним комбікормом, воду не обмежували. *Першій групі* (контрольній) – було введено внутрішньом'язово у ділянку задньої тазової кінцівки препарат Седазин (Біовет Булави, Польща) у дозі 0,01 мл [15] 1 раз на добу протягом 5 діб.

Другій групі (дослідній) вводили Дексмедетомідин (Orion Pharma, Фінляндія) внутрішньом'язово у ділянку задньої тазової кінцівки в дозі 0,1 мл [15] 1 раз на добу протягом 5 діб.

Перед експериментом усі тварини були оглянуті на предмет захворювань (слизові оболонки, температура тіла, частота дихальних рухів, апетит), які можуть загрожувати об'єктивності отриманих даних. У перший день мишей розмістили у два загони, в кожному по 5 дослідних мишей.

Під час досліду спостерігали за такими показниками життєдіяльності: координація рухів; зміни роботи в дихальній системі (кількість дихальних рухів за 1 хвилину, глибина дихальних рухів); зміни в метаболічних функціях організму (погіршення апетиту, проблеми з актом дефекації чи сечовиділення); частота дихальних рухів (ЧДР); час, який витрачали на пробудження тварини [16].

Контроль показників проводили у 3 етапи:

1. За 15 хвилин до введення препаратів.
2. Через 15 хвилин після введення препаратів і час до пробудження.
3. Після пробудження.

Отримані дані реєструвалися у бланку реєстрації експерименту. Дослідження проводили відповідно до «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються в експериментальних та інших наукових цілях» [17].

Результати досліджень та їх обговорення

Результати проведених досліджень свідчать, що в першу добу експерименту (до введення препарату) у дослідній групі мишей загальний стан тварин був задовільний – відмови від корму не спостерігалося, акт дефекації і сечовиділення без патологічних змін, частота дихальних рухів у середньому становила 152 дих.рух./хв. (табл. 1). Через 15 хвилин після введення дослідного препарату у мишей спостерігалося значне зниження рухливості (стан анестезії), ЧДР у середньому складав 135,2 дих.рух./хв. ($p<0,05$).

1. Показники життєдіяльності в контрольній групі до введення Дексмедетомідину

Дослідні тварини	Доба досліду				
	перша	друга	третя	четверта	п'ята
Синій	ЧДР – 150; координація не порушена; метаболічних змін не виявляється	ЧДР – 160; координація не порушена; погіршився апетит	ЧДР – 157; місцями зменшення рухливості; погіршення апетиту і дефекації	ЧДР – 180; зменшення рухливості; погіршення апетиту; затримка дефекації	ЧДР – 196; зменшення рухливості; апетит відсутній
Жовтий	ЧДР – 145; координація не порушена; метаболічних змін не виявляється	ЧДР – 140; координація не порушена; метаболічних змін не виявлено	ЧДР – 178; місцями зменшення рухливості; погіршення апетиту і дефекації	ЧДР – 189; зменшення рухливості; погіршення апетиту, затримка дефекації	ЧДР – 200; зменшення рухливості; апетит відсутній
Червоний	ЧДР – 160; координація не порушена; метаболічних змін не виявляється	ЧДР – 156; координація не порушена; метаболічних порушень не виявляється	ЧДР – 170; координація не порушена; метаболічних порушень не виявляється	ЧДР – 150; координація не порушена; метаболічних порушень не виявляється	ЧДР – 154; координація не порушена; метаболічних порушень не виявляється
Чорний	ЧДР – 165; координація не порушена; метаболічних змін не виявляється	ЧДР – 154; координація не порушена; погіршився апетит	ЧДР – 179; місцями зменшення рухливості; погіршення апетиту	ЧДР – 195; зменшення рухливості; погіршення апетиту, затримка дефекації	ЧДР – 190; зменшення рухливості; відсутній апетит
Зелений	ЧДР – 140; координація не порушена; метаболічних змін не виявляється	ЧДР – 167; координація не порушена; погіршився апетит	ЧДР – 178; місцями зменшення рухливості; погіршення апетиту і дефекації	ЧДР – 200; зменшення рухливості; погіршення апетиту, затримка дефекації	ЧДР – 200; зменшення рухливості; апетит погіршений
Середня ЧДР	152,0±5,1	155,4±4,9	172,4±4,6	182,8±9,9	188±9,7

Примітки: ЧДР – частота дихальних рухів.

Варто відмітити, що пробудження тварин зафіксовано через 14,8 хвилин (табл. 2). Після пробудження у тварин відмічено деяке пригнічення (дизкоординація рухів), проте згодом рухи ставали більш точними і приходили до норми, метаболічні функції не змінювалися.

На другу добу експерименту (до введення препарату) у загальному стані тварин виявляли зміни – у 3-х (синій, чорний, зелений) з 5-ти мишей. Зокрема, виявлено зниження апетиту, але через деякий час апетит поліпшився, частота дихальних рухів у середньому становить 155,4 за 1 хв. Після введення препарату зафіксовано зменшення рухової активності, ЧДР – 137 ($p<0,05$), пробудження наставало в середньому через 13,7 хв., що на 7,4 % менше, аніж у першу добу (14,8 хв.). Після пробудження у тварин спостерігали дискоординацію рухів, яка відбувалася досить швидко і жодним чином не впливала на загальний стан.

На третю добу (до введення препарату) у 4-х з 5-ти мишей було виявлено зменшення рухливості, виявлено зниження апетиту порівняно з другою добою досліду, також виявлено погіршення акту дефекації, підвищення ЧДР до 172,4 на 1 хв., що на 9,8 % більше, ніж на другу добу (155,4). Після введення препарату ЧДР знижувалося до 135,8 ($p<0,05$) дихальних рухів за 1 хв., пробудження наставало через 15 хвилин, що на 8,6 % більше, ніж на другу добу (13,7 хв.). Окрім того, після пробудження апетит у тварин не покращився, метаболічні процеси також були порушені (зменшилась кількість акта дефекації і сечовиділення).

На четверту добу досліду (до введення препарату) у всіх мишей (окрім червоної) зафіксовано відмову від корму, досить виражену апатію, частота дихальних рухів у середньому становила – 182,8 за 1 хв., що

було більше, ніж на третю добу на 5,6 %. Також у мишей з чорною та зеленою фарбою відмічено прояви ознак задишки (більш глибокі дихальні рухи грудною клітиною). Після введення препарату як і перед цим рухова активність відсутня, ЧДР – 133,6 ($p<0,05$) за 1 хв., час пробудження становив – 17,1 хв., що на 12,2 % більше, аніж на третю добу досліду (15 хв.). Після пробудження апатія у тварин збереглася.

На п'яту добу (до введення препарату) рухова активність мишей (окрім червоної), досить слабка – майже не пересуваються, апетит відсутній, дихання глибоке і часте, частота дихальних рухів – 188 за 1 хв.

На 2-й стадії – змін з боку рухової активності у тварин не виявлено, ЧДР становила – 127,4 ($p<0,05$) за 1 хвилину, час пробудження – 17,8 хв. Після пробудження загальний стан не змінився.

Якщо звернути увагу на різницю між першою і останньою добою у дослідній групі, то різниця між ЧДР у I період становила вже 19,1 %, у II – 5,7 %, час пробудження збільшився на 16,8 %, при цьому загальний стан тварин погіршувався з кожним днем.

2. Показники життєдіяльності мишей за 15 хв. після введення Дексмедетомідину

Дослідні тварини	Доба досліду				
	перша	друга	третя	четверта	п'ята
Синій	ЧДР – 130 Рухи відсутні, спостерігається розширення очної щілини, пробудження – 15 хв.	ЧДР – 136 Рухи відсутні, розширення очної щілини, пробудження – 14,4 хв.	ЧДР – 150 Рухова активність – відсутня, розширення очної щілини, пробудження – 16.2 хв.	ЧДР – 130 Рухова активність – відсутня, розширення очної щілини, пробудження – 18.2 хв.	ЧДР – 123 Рухова активність – відсутня, розширення очної щілини, пробудження – 19.0 хв.
Жовтий	ЧДР – 134 Значне зниження рухів, розширення очної щілини, пробудження – 16,3 хв.	ЧДР – 143 Зниження рухової активності, розширення очної щілини, пробудження 15 хв.	ЧДР – 129 Рухова активність відсутня, розширення очної щілини, пробудження 15 хв.	ЧДР – 132 Рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 17.3 хв.	ЧДР – 120 Рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 20.3 хв.
Червоний	ЧДР – 145, Значне зниження рухів, розширення очної щілини, пробудження – 13,2 хв	ЧДР – 146 Значне зниження рухів, розширення очної щілини, пробудження – 14,1 хв	ЧДР – 135 Рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 15.2 хв	ЧДР – 138 Рухова активність знижена, очна щілина розширена, пробудження 15.4 хв	ЧДР – 140 Рухова активність знижена, очна щілина розширена, пробудження – 14.1 хв
Чорний	ЧДР – 130, Рухи відсутні, спостерігається розширення очної щілини, пробудження – 15,1 хв	ЧДР – 130 Значне зниження рухів, розширення очної щілини, пробудження – 11,3 хв	ЧДР – 127 Рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 14.3 хв	ЧДР – 138 Рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 16.5 хв	ЧДР – 129 Рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 17.1 хв
Зелений	ЧДР – 137, Значне зниження рухів, розширення очної щілини, пробудження 14,5 хв.	ЧДР – 130 Значне зниження рухів, розширення очної щілини, пробудження – 14.0 хв	ЧДР – 138 Значне зниження рухів, розширення очної щілини, пробудження – 14.3 хв	ЧДР – 130 Рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 18 хв	ЧДР – 125 Рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 18.4 хв
Середнє ЧДР	135,2±3,1*	137±3,6*	135,8±4,5*	133,6±2,0*	127,4±3,8*
Час пробудження	14,8	13,7	15	17,1	17,8

Примітки: * – $p<0,05$* – відносно I етапу дослідної групи.

У контрольній групі тварин яким застосовували препарат Седазин, на першу добу досліду миші почували себе задовільно (І етап) – ЧДР у середньому становило 149,2 за 1 хв., координація без патологій, метаболічних порушень не виявили (табл. 3).

3. Показники життєдіяльності до введення Седазину

Дослідні тварини	Доба досліду				
	перша	друга	третя	четверта	п'ята
Синій	ЧДР – 145 Координація – не порушена Метаболічніх змін – не виявляється	ЧДР – 167 Координація не порушена Погіршився апетит	ЧДР – 157 Місцями зменшення рухливості Погіршення апетиту і дефекації	ЧДР – 170 Зменшення рухливості Погіршення апетиту, затримка дефекації	ЧДР – 196 Зменшення рухливості, апетит відсутній
Жовтий	ЧДР – 145 Координація – не порушена Метаболічніх змін – не виявляється	ЧДР – 162 Координація не порушена Метаболічних змін не виявлено	ЧДР – 165 Місцями зменшення рухливості Погіршення апетиту і дефекації	ЧДР – 190 Зменшення рухливості Погіршення апетиту, затримка дефекації	ЧДР – 200 Зменшення рухливості, апетит відсутній
Червоний	ЧДР – 150 Координація – не порушена Метаболічних змін – не виявляється	ЧДР – 156 Координація не порушена Метаболічних порушень не виявляється	ЧДР – 168 Координація не порушена Метаболічних порушень не виявляється	ЧДР – 160 Координація не порушена Метаболічних порушень не виявляється	ЧДР – 194 Координація не порушена Погіршення апетиту
Чорний	ЧДР – 157 Координація – не порушена Метаболічних змін – не виявляється	ЧДР – 174 Координація не порушена Погіршився апетит	ЧДР – 180 Місцями зменшення рухливості Погіршення апетиту	ЧДР – 195 Відсутність рухливості, відсутність апетиту	Летальний випадок
Зелений	ЧДР – 149 Координація – не порушена Метаболічніх змін – не виявляється	ЧДР – 150 Координація не порушена Апетит збережений, акт дефекації і сечовиділення без патології	ЧДР – 168 Місцями зменшення рухливості Погіршення апетиту і дефекації	ЧДР – 190 Зменшення рухливості Погіршення апетиту, затримка дефекації	ЧДР – 200 Зменшення рухливості, апетит погіршений
Середнє ЧДР	149,2±2,4	161,8±4,6	167,6±4,1	181±7,5	197,5±1,7

Після введення препарату (2 етап) – ЧДР становив уже 123 за 1 хв. ($p<0,05$), час пробудження – 12 хв. (табл. 4). Після пробудження (3 етап) миші почували себе добре, були активними.

На другу добу ЧДР – 161,8, що на 7,7 % більше, аніж у першу добу, при цьому у синьої і чорної мишей з'явилися проблеми з апетитом. У другому етапі – ЧДР – 124,8 ($p<0,05$), рухова активність відсутня, очна щілина була розширена, – що свідчило про хороший анестезіологічний ефект, час пробудження вже становив – 13,6 хвилин, що на 11,7 % більше, ніж у першу добу. Під час 3-го етапу змін у координації не виявляли, у синьої і чорної мишей апетит став трохи краще, але не відновився до норми.

На третю добу у всіх мишей, окрім червоної, спостерігається зменшення рухливості, погіршення апетиту, ЧДР – 167,6 за 1 хв. При введенні препарату – ЧДР – 122,4 ($p<0,05$), рухова активність відсутня, час для пробудження становив у середньому – 14,8 хв., що на 8,1 % більше, ніж на другу добу досліду. Під час 3-го етапу загальний стан тварин не покращився (апетит зменшений або відсутній, активність зменшена).

На четверту добу – ЧДР становило 181, на 7,4 % більше, ніж на третю добу, у синьої, зеленої і жовтої миші спостерігали проблеми з апетитом, актом дефекації і сечовиділення, чорна – майже не рухалася, відмовилася від їжі, тоді як червона почувала себе добре – метаболічних проблем не спостерігали. Під час 2-го етапу ЧДР становило 124,6 ($p<0.05$), пробудження відбувалося через 15,1 хв. Після пробудження – стан тварин не змінився.

На останню добу досліду – одна миша (чорна) померла, в усіх інших ЧДР становило – 197,5, виявилося, що на 8,3 % показники більше, ніж на 4-ту добу, зменшилася активність, апетит. Після введення препарату було визначено ще більше зменшення ЧДР – 118,5 ($p<0,05$) і збільшення часу пробудження – до 17,2 хв., що на 12,2 % більше, аніж на 4-ту добу.

Різниця між показниками 1 і 5 дня у контрольній групі становила: ЧДР у І період – 24,4 %, у ІІ період різниця між ЧДР у першу і останню добу була майже непомітною, але час пробудження вже становив більше на 30,2 %.

4. Показники життєдіяльності мишей за 15 хв після введення Седазину

Дослідні тварини	Доба досліду				
	перша	друга	третя	четверта	п'ята
Синій	ЧДР – 124, відсутня рухова активність, очна щілина розширена, пробудження – 11,4 хв	ЧДР – 125, рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 12,1 хв	ЧДР – 120, рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 12,5 хв	ЧДР – 130, рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження 14.3 хв	ЧДР – 120, рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження 16.0 хв
Жовтий	ЧДР – 124, рухова активність знижена, очна щілина розширена, пробудження 10 хв	ЧДР – 126, рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 13.2 хв	ЧДР – 120 хв, рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 15,3 хв	ЧДР – 132, рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 14.1 хв	ЧДР – 119, рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 18.2 хв
Червоний	ЧДР - 123, рухова активність слабка, очна щілина розширена, пробудження – 13 хв	ЧДР – 117, рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 14.5 хв	ЧДР – 120, рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 18.2 хв	ЧДР – 120, рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження 19 хв	Летальний випадок
Чорний	ЧДР – 121, рухова активність слабка, очна щілина розширена, пробудження – 11 хв	ЧДР – 126, рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 14,1 хв	ЧДР – 121, рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 13,4 хв	ЧДР – 120, рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 13 хв	ЧДР – 115, рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 15,5 хв
Зелений	ЧДР – 123, рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 14,5 хв	ЧДР – 130, рухова активність слабка, очна щілина розширена, пробудження – 14 хв	ЧДР – 131, рухова активність слабка, очна щілина розширена, пробудження – 14,4 хв	ЧДР – 121, рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 15,2 хв	ЧДР – 120, рухова активність відсутня, очна щілина розширена, пробудження – 19 хв
Середнє ЧДР	123±0,6*	124,8±2,3*	122,4±2,4*	124,6±2,9*	118,5±1,3*
Час пробудження	12	13,6	14,8	15,1	17,2

Примітки: * – $p<0.05$* – відносно І етапу дослідної групи.

У доступних літературних джерелах серед науковців однозначної думки про токсичність препаратів групи агоністи α2 – адренорецепторів немає [18–20]. При проведенні дослідів було виявлено, що у дослідній групі, у якій використовували Дексмедетомідин, у І етап частота дихальних рухів у середньому збільшилася на 19,1 %, у ІІ етап зміни у частоті дихальних рухів змінилися не так видимо – на 5,7 % порівняно з першою добою, також час пробудження після аналгезії порівняно з першою добою зріс на 16,8 %. У контрольній групі, у якій дослідним препаратом був Седазин, зміни також були помітні: у І етап – частота дихальних рухів зросла на 24,4 %, у ІІ етап – частота була майже однаковою, але час пробудження був на 30,2 % більше, аніж у першу добу. Загальний стан тварин у обох групах з кожним днем погіршувався – тварини були менш рухливі і відмовлялися від їжі.

Висновки

Встановлено, що тривале застосування препарату Дексмедетомідину сприяє збільшенню у мишей частоти дихальних рухів з кожною наступною добою у середньому на 5 %, а Седазину – на 6,7 % що може свідчити, про негативний вплив цих препаратів при довготривалому застосуванні на функцію дихання. Зафіксовано, що час пробудження з кожним наступним введенням препаратів подовжується за умови використання Дексмедетомідину – на 8 %, а Седазину – на 8,4 %.

Перспективи подальших досліджень полягають у більш детальному дослідженні токсичного впливу, виявленні впливу кумулятивної дії і проведенні патологоанатомічного дослідження з гістологічним забором матеріалу.

References

1. Char, D., Ramamoorthy, C., & Wise-Faberowski, L. (2016). Cognitive dysfunction in children with heart disease: the role of anesthesia and sedation. *Congenital Heart Disease*, 11 (3), 221–229. doi: 10.1111/chd.12352

2. Cheng, V. Y. (2006). 5GABAA Receptors mediate the amnestic but not sedative-hypnotic effects of the general anesthetic etomidate. *Journal of Neuroscience*, 26 (14), 3713–3720. doi: 10.1523/jneurosci.5024-05.2006

3. Ward, C. G., & Loepke, A. W. (2012). Anesthetics and sedatives: toxic or protective for the developing brain?. *Pharmacological Research*, 65 (3), 271–274. doi: 10.1016/j.phrs.2011.10.001

4. Levine, M., Hoffman, R. S., Lavergne, V., Stork, C. M., Graudins, A., Chuang, R., Stellpflug, S. J., Morris, M., Miller-Nesbitt, A., Gosselin S., &for the Lipid Emulsion Workgroup*. (2016). Systematic review of the effect of intravenous lipid emulsion therapy for non-local anesthetics toxicity. *Clinical Toxicology*, 54 (3), 194–221. doi: 10.3109/15563650.2015.1126286

5. Lönnqvist, P.-A. (2011). Toxicity of local anesthetic drugs: a pediatric perspective. *Pediatric Anesthesia*, 22 (1), 39–43. doi: 10.1111/j.1460-9592.2011.03631.x

6. Olson, H., Betton, G., Robinson, D., Thomas, K., Monro, A., Kolaja, G., Lilly P., Sanders J., Sipes G., Bracken W., Dorato M., Van Deun K., Smith P., Berger B., & Heller, A. (2000). Concordance of the toxicity of pharmaceuticals in humans and in animals. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 32 (1), 56–67. doi: 10.1006/rtph.2000.1399

7. Marunchin, A. A., Stecyura, L. G., Izdepskij, V. J., Seyedyadollah, A. S., & Shulga, A. V. (2012). Suchasnij pidhid do kombinovanogo neingalyacijnogo narkozu tvarin. *Veterinarna Medicina Ukrayini*, 25. [In Ukrainian].

8. Omelyanenko, O. E., & Kulynych, S. M. (2020). Substantiation of administering dexmedetomidine to cats during ovary hysterectomy. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 244–250. doi: 10.31210/visnyk2020.04.31

9. Priskoka, A. O. (2014). Doslidzhennya gostroyi toksichnosti nanochastinok sribla za vnutrishnoocherevinnogo vvedennya. *Farmakologiya ta likarska toksikologiya*, 1, 85–90. [In Ukrainian].

10. Van Hoorn, C. E., Hoeks, S. E., Essink, H., Tibboel, D., & de Graaff, J. C. (2019). A systematic review and narrative synthesis on the histological and neurobehavioral long-term effects of dexmedetomidine. *Pediatric Anesthesia*, 29 (2), 125–136. doi: 10.1111/pan.13553

11. Sifringer, M., von Haefen, C., Krain, M., Paeschke, N., Bendix, I., Bührer, C., Spies, C. D., & Endesfelder, S. (2015). Neuroprotective Effect of Dexmedetomidine on Hyperoxia-Induced Toxicity in the Neonatal Rat Brain. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2015, 1–10. doi: 10.1155/2015/530371

12. Eser, O., Fidan, H., Sahin, O., Cosar, M., Yaman, M., Mollaoglu, H., Songur A. & Buyukbas, S. (2008). The influence of dexmedetomidine on ischemic rat hippocampus. *Brain Research*, 1218, 250–256. doi: 10.1016/j.brainres.2008.04.045

13. Gargiulo, S., Greco, A., Gramanzini, M., Esposito, S., Affuso, A., Brunetti, A., & Vesce, G. (2012). Mice anesthesia, analgesia, and care, Part I: anesthetic considerations in preclinical research. *ILAR Journal*, 53(1), E55–E69. . doi: 10.1093/ilar.53.1.55

14. Tse, I., Zhao, H. L., & Ma, D. Q. (2014). Organoprotective effects of Dexmedetomidine: from bench to bedside. *Journal of Perioperative Science*, 1 (3), 1.

15. Pacharinsak, C., & Smith, C. J. (2017). *Handbook of Laboratory Animal Anesthesia and Pain Management: Rodents*. California, USA: Taylor & Francis Group.

16. Bazaka, H. Y., Dukhnytskyi, V. B., & Ishchenko, V. D. (2017). Porivniannia khronichnoi toksychnosti mospilanu ta aktarydlia bilykh myshei. *Ukrainskyi Chasopys Veterynarnykh Nauk*, 265, 8–17. [In Ukrainian].

17. Ryeznikov, O. G. (2003). Zagalni etichni principi eksperimentiv na tvarinah. *Endokrynolohiia*, 8 (1), 142–145. [In Ukrainian].

18. *Deksdor (Deksmedetomidin). Monografiya po preparatu*. (2015). Moskva: Orion Farma. Retrieved from: https://docplayer.ru/85491367 Deksmedetomidin monografiya po preparatu [In Russian].

19. Nath, S. S., Singh, S., & Pawar, S. T. (2013). Dexmedetomidine overdosage: an unusual presentation. *Indian Journal of Anaesthesia*, 57 (3), 289. doi: 10.4103/0019-5049.115617

20. Akpınar, O., Nazıroğlu, M., & Akpınar, H. (2017). Different doses of dexmedetomidine reduce plasma cytokine production, brain oxidative injury, PARP and caspase expression levels but increase liver oxidative toxicity in cerebral ischemia-induced rats. *Brain Research Bulletin*, 130, 1–9.

Стаття надійшла до редакції: 11.04.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Омельяненко О. Є. Вплив агоністів α2 – адренорецепторів на організм лабораторних мишей за умови тривалого використання. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 239–247.

© Омельяненко Олександр Євгенійович, 2022

Veterinary medicine
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 576.895: 616.98:579.873.21 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.29**

FEATURES OF BEETLE INFECTION WITH MYCOBACTERIA AND THEIR INFLUENCE ON THE VIABILITY OF THE PATHOGENS

V. Zazharskyi ORCID 0000-0003-2674-2494
K. Alifonova* ORCID 0000-0002-0767-5305

Dnipro state agrarian and economic university, faculty of veterinary medicine, Serhii Efremov Street, 25, 49600, Dnipro, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: alifonova.k.v@dsau.dp.ua

How to Cite

Zazharskyi, V., & Alifonova, K. (2022). Features of beetle infection with mycobacteria and their influence on the viability of the pathogens. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 248–255. doi: 10.31210/visnyk2022.02.29

The issue of the active spread of tuberculosis throughout the world has been relevant for many decades. Today, the main reason for the spread of the disease is the imperfection of the study of the mechanisms of mycobacteria activity and the lack of a complete understanding of all the existing ways of introducing the pathogen into a safe territory. Numerous scientific works of scientists have established that insects are capable of carrying various bacteria in their bodies, including pathogenic microorganisms. This work presents materials on the ability of the rice weevil to reserve mycobacteria in its body. The purpose of our study was to find out the ability of beetles to accumulate mycobacteria, to determine the necessary amount of the pathogen to contaminate insects, and to determine their effect on the viability of the pathogen. The virulent strain of Mycobacterium bovis and its dissociative form (118 passages), beetles of the rice weevil species (lat. Sitophilus oryzae) were used for the experiment. We infected experimental beetles by keeping them in wheat grain contaminated with the pathogen for three days in three different variations, followed by microscopic examination (on the fourth day) of smears of body surface washes and homogenate, which were stained by the Ziel-Nielsen method. It was established that for the infection of 100% of insects, the required concentration is 10 mg of mycobacterial suspension per 10 g of grain. It has been proven that after passing through the organism of the rice weevil, the causative agent remains viable, but its viability decreases. When counting colony-forming units in the dynamics of the experiment, a decrease of dissociative forms and the pathogenic strain of M. bovis was observed by 12.3% and 13.6%, respectively. The obtained results make it possible to expand the existing data on the spread of tuberculosis and to improve measures to prevent the disease and prevent the introduction of the causative agent of the infection.

***Key words**: mycobacteria, dissociative strain, Mycobacterium bovis, rice weevil, colony-forming units.*

ОСОБЛИВОСТІ ІНФІКУВАННЯ ЖУКІВ МІКОБАКТЕРІЯМИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ ЗБУДНИКА

В. В. Зажарський, К. В. Аліфонова
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

Питання активного розповсюдження туберкульозу в усьому світі є актуальним протягом багатьох десятиліть. На сьогодні основною причиною поширення хвороби є недосконалість вивчення механізмів діяльності мікобактерій та відсутність усебічного розуміння щодо всіх наявних шляхів занесення збудника інфекції на благополучну територію. Численні наукові роботи вчених свідчать, що комахи здатні переносити у своєму організмі різні бактерії, зокрема й патогенні мікроорганізми.

У цій роботі наведені матеріали щодо здатності рисового довгоносика резервувати мікобактерії у своєму організмі. Метою нашого дослідження було з'ясувати здатність жуків до накопичення мікобактерій, визначити необхідну кількість збудника для контамінації комах та встановити їхній вплив на життєздатність збудника. Для проведення експерименту використовували вірулентний штам Mycobacterium bovis та його дисоціативну форму (118 пасаж), жуків виду рисовий довгоносик (лат. Sitophilus oryzae). Ми інфікували дослідних жуків методом утримання їх у контамінованому збудником зерні пшениці протягом трьох діб у трьох різних варіаціях, з подальшим мікроскопічним дослідженням (на четверту добу) мазків змивів із поверхні тіла та гомогенізату, які забарвлювали за методом Ціль-Нільсена. Встановлено, що для інфікування 100 % комах необхідною концентрацією є 10 мг завису мікобактерій на 10 гр зерна. Доведено, що після пасажування через організм рисового довгоносика збудник залишається життєздатним, однак його життєздатність знижується. При підрахунку колонієутворюючих одиниць у динаміці досліду спостерігається зменшення дисоціативних форм та патогенного штаму M. bovis на 12,3 % та 13,6 % відповідно. Отримані результати дають змогу розширити вже відомі дані стосовно розповсюдження туберкульозу та удосконалити заходи профілактики хвороби та недопущення занесення збудника інфекції.

Ключові слова: *мікобактерії, дисоціативний штам, Mycobacterium bovis, рисовий довгоносик, колонієутворюючі одиниці.*

Вступ

Туберкульоз є однією з найпоширеніших проблем серед зоонозних хвороб. Це захворювання є небезпечним та завдає значних соціальних та економічних збитків [1]. Мікобактерії, зокрема *Mycobacterium bovis*, мають надзвичайно широкий діапазон сприйнятливих тварин, що ускладнює ліквідацію захворювання. Сьогодні глибоко вивчається питання встановлення всіх природних резервуарів збудника та розробки протитуберкульозних препаратів, особливу увагу приділяють вивченню антибактеріальної активності рослинних екстрактів та похідних 1,2,4-тріазол-3-тіолів [2–4].

Здатність мікобактерій до адаптації у навколишньому середовищі, мінливості та існування в різних морфологічних формах ускладнюють діагностику туберкульозу [5, 6]. Крім того, макроорганізм може переносити збудника інфекції латентно, без прояву клінічних ознак. Усупереч багаторічній плідній роботі вчених дотепер немає вичерпних даних щодо всіх можливих шляхів занесення збудника у благополучні господарства. А з метою повної ліквідації хвороби першочерговим завданням має бути розширення та поглиблення знань із профілактики та недопущення туберкульозу. На нашу думку, особливої уваги заслуговує встановлення всіх резервуарів мікобактерій, які є потенційною загрозою спалахів інфекції на раніше благополучних територіях.

Численні результати наукових досліджень демонструють, що комахи різних видів здатні до накопичення та перенесення у своєму організмі умовно-патогенних і патогенних бактерій, зокрема й мікобактерій туберкульозу. Зокрема, вчені Faulde & Spiesberger встановили, що метелики *Clogmia albipunctata* здатні до перенесення бактерій роду *Aeromonas, Bacillus, Esherichia* [7]. Низка вчених описують загрозу аргасових кліщів як потенційно небезпечних резервуарів мікобактерій [8, 9]. Kassiri & Kazemi виділили патогенні мікроорганізми в усіх зразках тарганів, яких зібрали в медичних установах [10]. Moges, et al. довели, що таргани є переносниками *Klebsiella pneumoniae, Esherichia coli, Citrobacter* spp., *Shigella* spp. [11]. Учені Allen, а також Guzman & Vilcinskas повідомили, що після проходження через тарганів, життєздатні мікобактерії можуть виділятися з фекаліями комах у зовнішнє середовище [12, 13]. Учені змогли ізолювати мікобактерії від тарганів, жуків, метеликів, москітів, кліщів та інших безхребетних [14–16]. Durnez, et al. вказують, що мікобактерії було виділено з організму комахоїдних тварин [17]. Це також може свідчити про потенційну небезпеку комах у поширенні туберкульозу. Отже, наявні дані свідчать про здатність комах накопичувати та виділяти мікобактерії в зовнішнє середовище. Проте на сьогодні немає даних щодо необхідної кількості збудника для контамінації комах, а без досконалих знань про потенційні резервуари і носіїв збудника неможливою є повна ліквідація хвороби.

Мета дослідження полягала у з'ясуванні здатності рисового довгоносика *Sitophilus oryzae* до накопичення *Mycobacterium bovis*.

Завдання дослідження: вивчити здатність жуків резервувати мікобактерії у своєму організмі, встановити оптимальну кількість мікобактерій для інфікування комах, визначити їхній вплив на життєздатність збудника.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили в умовах навчальної лабораторії кафедри епізоотології та інфекційних хвороб тварин ДДАЕУ впродовж 2021 року.

Предметом дослідження слугували культури дисоціативної форми *M. bovis* (118 пасаж: колонії округлі, блискучі з гладенькою поверхнею, помаранчевого кольору; при проведені мікроскопії виявлено кислотостійкі (червоні) зерна); вірулентний штам мікобактерій (колонії неправильної форми, матові, з шорсткою поверхнею, кольору слонової кістки; при мікроскопічному дослідженні мають вигляд кислотостійких коротеньких паличок із заокругленими краями), які зберігались у музеї кафедри та жуки-шкідники зернових запасів, зокрема рисовий довгоносик (лат. *Sitophilus oryzae*), з родини Curculionidae.

До початку експериментального інфікування, з метою виключення у жуків носійства *M. bovis,* комах досліджували методом мікроскопії на наявність у них кислотостійких бактерій. З цією метою жуків тричі відмивали в 0,9 % розчині натрію хлориду та розтирали на предметному скельці, з подальшим забарвленням мазків за методикою Ціль-Нільсена.

Для контамінації довгоносиків було використано попередньо автоклавоване зерно. З метою визначення оптимальної концентрації мікобактеріального завису для інфікування 100 % дослідних жуків сформували по три дослідні групи та по одній контрольній для кожного виду культур (по 25 шт. довгоносиків у кожній). Кожну групу розміщали в чашках Петрі з контамінованим зерном у трьох різних варіаціях:

1) 1 мг мікобактеріального завису в 1 см^3 0,9 % розчину натрію хлориду на 10 г пшениці;

2) 5 мг завису M. bovis у 1 см^3 0,9 % фізіологічного розчину на 10 г зерна пшениці;

3) 10 мг завису мікобактерій у 1 см^3 0,9 % фізіологічного розчину на 10 г зерна.

У чашках Петрі з контамінованим зерном витримували жуків протягом 3 діб, після чого на 4-ту добу 20 довгоносиків відмивали в 0,9 % стерильному розчині натрію хлориду тричі (з метою видалення мікобактерій з поверхні тіла комахи) та розтирали на предметному скельці. Отримані мазки зі змивів та гомогенізату забарвлювали за методом Ціль-Нільсена з подальшим проведенням мікроскопії з метою визначення відсотка інфікованих жуків у різних дослідних групах.

Ще 5 довгоносиків відмивали та гомогенізували у стерильній ступці з додаванням 1 мл 0,9 % розчину натрію хлориду та висівали вірулентний штам *M. bovis* на живильне середовище Stonebrink, а дисоціативний штам 118 пасаж *M. bovis* на середовище Мордовського «Нове» з подальшим визначенням життєздатності мікробних клітин методом підрахунку кількості колонієутворюючих одиниць (КУО) в отриманих культурах.

Визначення КУО проводили шляхом серійних розведень [18]. У дослідженні використовували мікропробірки Eppendorf, у першу пробірку додавали 0,5 см^3 стерильного фізіологічного розчину, а у всі наступні (2–10 пробірки) по 0,4 см^3. У першу пробірку вносили відважену на торсійних вагах бактеріальну масу дослідних культур у кількості 50 мг (0,05 г) та ретельно суспензували бактеріальною петлею. З першої пробірки інсуліновим шприцом відбирали 0,1см^3 суспензії та вносили її в мікропробірку № 2, знову ретельно перемішували, відбирали 0,1 см^3 і вносили у пробірку № 3, аналогічну роботу виконали до десятої пробірки включно. З кожної мікропробірки відбирали по 0,1 см^3 суспензії і висівали у дві пробірки з живильним середовищем, рівномірно розподіляючи по поверхні, витримували пробірки в нахиленому положенні протягом 24 год., після чого розміщали їх вертикально. Інкубування проводили в термостаті за температури 37±0,5 °С.

Підрахунок життєздатності дослідних культур проводили у пробірках з найбільшим розведенням, у яких спостерігався ріст. Кількість КУО в 1 г мікробного завису обраховували математично.

Дані в таблиці представлені у вигляді x±SD (стандартне відхилення).

Результати досліджень та їх обговорення:

У результаті утримання дослідних жуків у контамінованому субстраті протягом трьох діб було встановлено, що концентрація завису мікобактерій 1 мг в 1 см^3 0,9 % розчину натрію хлориду на 10 г зерна пшениці (група № 1) є недостатньою для інфікування всіх зразків комах. У мазках зі змивів 20-ти жуків, що перебували в зерні, яке було контаміноване дисоціативним штамом *M. bovis*, дослідні мікобактерії на поверхні тіла виявлено лише у 9-ти довгоносиків (45 %), а при мікроскопії мазків із гомогенізату – 7 екземплярів (35 %). У змивах з поверхні тіла рисових довгоносиків, що утримувались у зерні, контамінованому вірулентним штамом у аналогічній концентрації завису,

виявлено наявність дослідних форм збудника у 7-ми жуків (35 %), а в мазках із гомогенізату – у 4-ох (20 %).

При мікроскопічному дослідженні довгоносиків із групи № 2, які утримувалися протягом 3-х діб у зерні, яке було контаміноване зависом дослідних культур у концентрації 5 мг у 1 см^3 0,9 % розчину натрію хлориду на 10 г пшениці, встановили, що в мазках змивів із поверхні тіла жуків, інфікованих дисоціантами мікобактерій, виявлено збудника в 16-ти зразках (80 %), а в гомогенізаті – в 14-ти жуків (70 %). При мікроскопії мазків змивів та гомогенізату довгоносиків, інфікованих вірулентним штамом, отримали позитивний результат у 17-ти зразках змивів (85 %) та 15-ти жуків (75 %).

Результат мікроскопічного дослідження групи № 3 продемонстрував, що концентрація мікобактерій 10 мг в 1 см^3 0,9 % розчину натрію хлориду на 10 г пшениці обох дослідних культур (дисоціативного та вірулентного штамів *M. bovis*) є достатньою для інфікування всіх екземплярів жуків, які утримувались у контамінованому субстраті. Тобто дослідні мікобактерії було виявлено у 100 % жуків як у змивах із поверхні тіла, так і в гомогенізаті.

З метою виключення спонтанного результату та підтвердження отриманих даних ми провели повторну (контрольну) контамінацію зерна зависом мікобактерій у кількості 10 мг в 1 см^3 0,9 % розчину натрію хлориду та розмістили по 20 екземплярів рисових довгоносиків. Жуків після триденного утримання у пшениці досліджували аналогічно до попередніх груп. Результат контрольної та дослідної групи № 3 ідентичний, мікобактерії виявлено у 100 % мазках змивів із поверхні тіла та гомогенізату (рис. 1; рис. 2).

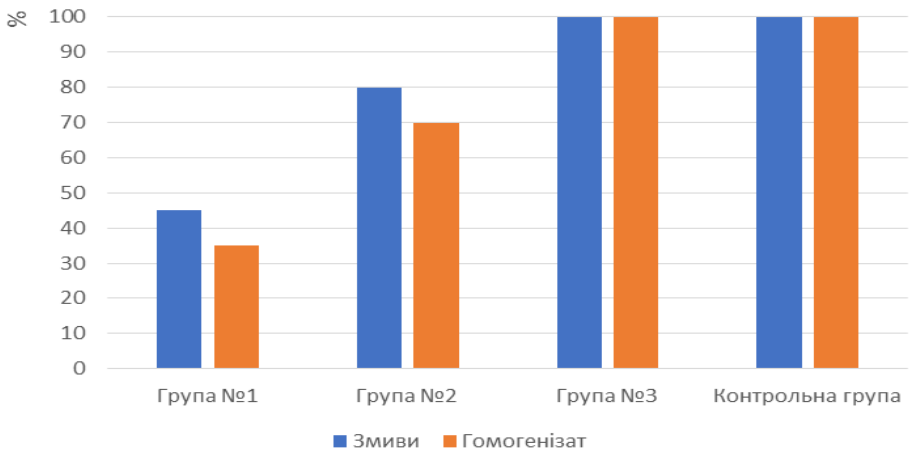


Рис. 1. Відсоток виділення дисоціативних форм M. bovis у різних дослідних групах

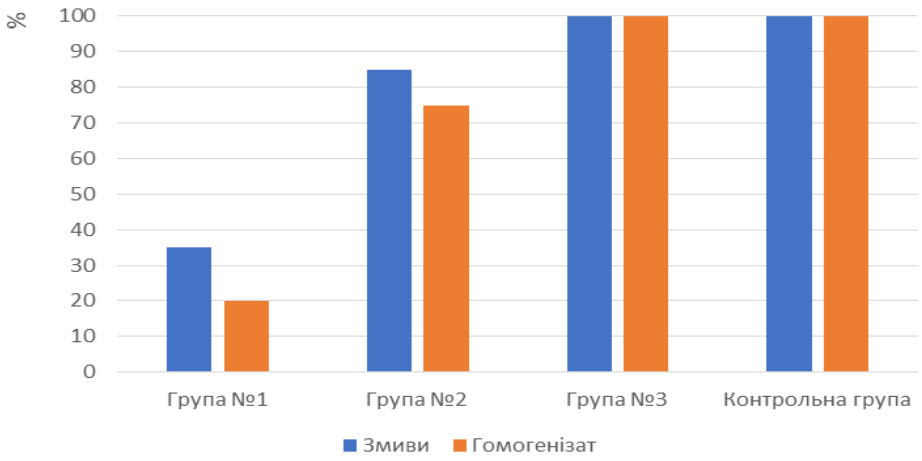


Рис. 2. Відсоток виділення вірулентного штаму M. bovis у різних дослідних групах

Отже, оптимальною концентрацією мікобактеріального завису для інфікування комах є 10 мг в 1 см^3 фізіологічного розчину на кожні 10 г зерна пшениці.

Порівнюючи відсоток виділення дослідних мікобактерій, спостерігаємо, що в мазках із поверхні тіла цей показник вищий, ніж у гомогенізаті жуків у всіх дослідних зразках; це демонструє здатність рисового довгоносика й до механічного перенесення збудника інфекції.

Паралельно по 5 жуків із дослідної групи №3 відмивали та гомогенізували у стерильній ступці з додаванням 1 мл фізіологічного розчину. Отриману суспензію висівали на живильне середовище та інкубували в термостаті при температури 37,0±0,5 °С. Після появи росту визначили кількість життєздатних мікробних клітин у отриманій культурі та вихідній.

Визначення кількості КУО вихідного дисоціативного 118 пасажу проводили під час восьмого розведення, а вірулентного штаму – під час п'ятого. Встановили, що кількість колоній дисоціантів становила 338,0±29,7 в $6,4x10^{-5}$ мг культури, відповідно в 1 г мікробної маси $5,3x10^{8}$ життєздатних мікроорганізмів. Кількість КУО вірулентного штаму дорівнювала 236,0±18,4 в $8x10^{-2}$ мг культури, тобто в 1 г мікобактеріального завису – $3,0x10^{6}$ мікробних одиниць.

При визначенні життєздатності культур виділених з гомогенізату довгоносиків контамінованих дисоціативними формами, підрахунок проводили аналогічно за 8-го розведення, а вірулентного штаму – за 5-го. Встановили, що кількість КУО дисоціантів в $6,4x10^{-5}$ мг культури дорівнювала 297,0±5,7, відповідно в 1 г культури $4,6x10^{8}$ бактерій, а кількість життєздатних мікроорганізмів вірулентного штаму – 204,0±21,2 мікробних клітин у $8x10^{-2}$мг культури, тобто в 1гр мікробного завису – $2,6x10^{6}$ мікроорганізмів (табл.1).

1. Оцінка колонієутворюючих одиниць вихідних дослідних культур і культур, отриманих після пасажування через організм жуків

Культура мікобактерій	Номер зразку	Кількість виросших колоній на живильному середовищі, кратність розведення										M±m	Кількість КУО в 1 г бак. маси
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
Вихідна культура дисоціативної форми *M. bovis*	1	ср	ср	ср	ср	ср	ср	ср	317	рв	рв	338,0±29,7	$5,3x10^{8}$
	2	ср	ср	ср	ср	ср	ср	ср	359	рв	рв		
Культура дисоціативної форми *M. bovis* після пасажування через організм жуків	1	ср	ср	ср	ср	ср	ср	ср	293	рв	рв	297,0±5,7	$4,6x10^{8}$
	2	ср	ср	ср	ср	ср	ср	ср	301	рв	рв		
Вихідна культура вірулентного штаму *M. bovis*	1	ср	ср	ср	ср	223	рв	рв	рв	рв	рв	236,0±18,4	$3,0x10^{6}$
	2	ср	ср	ср	ср	249	рв	рв	рв	рв	рв		
Культура вірулентного штаму *M. bovis* після пасажування через організм жуків	1	ср	ср	ср	ср	219	рв	рв	рв	рв	рв	204,0±21,2	$2,6x10^{6}$
	2	ср	ср	ср	ср	189	рв	рв	рв	рв	рв		

Примітки: ср – суцільний ріст колоній на живильному середовищі; рв – ріст відсутній.

Порівнюючи кількість КУО вихідних штамів мікобактерій та культур, отриманих після проходження через організм рисового довгоносика, можемо стверджувати, що збудник залишився життєздатним, однак знизив кількість життєздатних мікробних одиниць на 12,3 %, досліджуючи дисоціативні форми M. bovis та на 13,6 % – патогенний штам.

Проблема стрімкого поширення туберкульозу й дотепер потребує поглиблення наявних знань. Мікобактерії циркулюють у навколишньому середовищі та підтримують свою життєздатність завдяки великій кількості потенційних резервуарів. Crispell, et al. підтвердили здатність внутрішньовидової та міжвидової передачі збудника [19]. Проаналізувавши вже відомі дані та результат власних досліджень, можемо стверджувати, що комахи, зокрема жуки виду рисовий

довгоносик, здатні захоплювати мікобактерії, бути резервуаром збудника і брати участь в активному розповсюдженні туберкульозу. Можна припустити, що саме комахи є однією з імовірних причин виникнення захворювання в раніше благополучних господарствах.

Зарубіжні науковці Fischer, et al. провели експериментальне зараження суспензією *M. avium* та *M. paratuberculosis* личинок виду *T. molitor* і *Z. atratus* та встановили, що вони здатні накопичувати та виділяти збудника у зовнішнє середовище. Для інфікування вчені використали 2 мл розчину мікобактеріальної суспензії (з кількістю КУО $4,5x10^8$) на кожні 5 мл субстрату для інфікування всіх зразків личинок, що менше від кількості культури, необхідної для нашого дослідження [20]. Отримані дані можуть свідчити, що кількість необхідної кількості культури для інфікування може варіюватися залежно від виду мікобактерій.

Kazda повідомляє, що мікобактерії завдяки особливості будови клітинної стінки не втрачають життєздатність внаслідок дії шлункових ферментів комах і здатні виділятися ними в навколишнє середовище [21]. Результати наших досліджень не суперечать описаним даним, після пасажування мікобактерій через організм довгоносика ми змогли виділити життєздатні бактерії. Можна припустити, що інфіковані мікобактеріями комахи можуть бути захоплені сприйнятливими тваринами чи птахами й перетравлені, а кислотостійкі мікобактерії залишаться життєздатними й будуть персистувати в макроорганізмі та виділятися у зовнішнє середовище. Водночас Portaels et al. припустили, що тварини можуть бути інфіковані мікобактеріями через покуси комах, а Marsollier et al. повідомили, що *M. ulcerans* передаються гризунам через покуси водяних клопів з родини Naucoridae [22, 23].

Отже, підбиваючи власні підсумки та зважаючи на результати наукових робіт багатьох учених, можна стверджувати, що комахи, зокрема рисовий довгоносик, можуть брати участь у процесі виникнення та поширення туберкульозу тварин.

Висновки

За результатами проведеного дослідження встановлено, що для інфікування мікобактеріями всіх зразків дослідних комах виду рисовий довгоносик, оптимальною концентрацією мікробного завису є 10 мг на кожні 10 г зерна пшениці. Концентрація мікобактерій не залежить від ступеня патогенності дослідного штаму.

Мікобактерії в організмі жука виду *Sitophilus oryzae* не змінюють свої морфологічні ознаки, тинкторіальні та культуральні властивості.

Після пасажування через організм довгоносика мікобактерії не втрачають свою життєздатність. При визначенні кількості КУО життєздатність дисоціативних форм *M. bovis* знизилась на 12,13 % порівняно з вихідним штамом, а вірулентного штаму – на 13,56 %.

Жуки здатні накопичувати життєздатні мікобактерії у своєму організмі, відповідно, потенційно можуть слугувати джерелом збудника інфекції та появою епізоотичних вогнищ туберкульозу.

Перспективи подальших досліджень полягають у визначенні тривалості персистування мікобактерій в організмі жуків, а також встановленні впливу комах на патогенність збудника туберкульозу.

References

1. Caminiti, A., Pelone, F., LaTorre, G., De Giusti, M., Saulle, R., Mannocci, A., Sala, M., Della Marta, U., & Scaramozzino, P. (2016). Control and eradication of tuberculosis in cattle: a systematic review of economic evidence. *The Veterinary Record*, 179(3), 70–75. doi: 10.1136/vr.103616

2. Palchykov, V. A., Zazharskyi, V. V., Brygadyrenko, V. V., Davydenko, P. O., Kulishenko, O. M., Borovik, I. V., Chumak, V., Kryvaya, A., & Boyko, O. O. (2019). Bactericidal, protistocidal, nematodicidal properties and chemical composition of ethanol extract of Punica granatum peel. *Biosystems Diversity*, 27 (3), 300–306. doi: 10.15421/011939

3. Zazharskyi, V., Parchenko, M., Fotina, T., Davydenko, P., Kulishenko, O., Zazharskaya, N., & Borovik, I. (2019). Synthesis, structure, physicochemical properties and antibacterial activity of 1,2,4-triazoles-3-thiols and furan derivatives. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 6, 74–82.

4. Zazharskyi, V. V., Davydenko, P. O., Kulishenko, O. M., Borovik, I. V., Zazharska, N. M., & Brygadyrenko, V. V. (2020). Antibacterial and fungicidal activities of ethanol extracts of 38 species of plants. *Biosystems Diversity*, 28 (3), 281–289. doi: 10.15421/012037

5. Tkachenko, O., Bilan, M., Hlebeniuk, V., Kozak, N., Nedosekov, V., & Galatiuk, O. (2020). Dissociation of Mycobacterium bovis: Morphology, biological properties and lipids. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 8 (3), 312–326. doi: 10.17582/journal.aavs/2020/8.3.317.326

6. Bañuls, A. L., Sanou, A., Van Anh, N. T., & Godreuil, S. (2015). Mycobacterium tuberculosis: ecology and evolution of a human bacterium. *Journal of Medical Microbiology*, 64 (11), 1261–1269. doi: 10.1099/jmm.0.000171

7. Faulde, M., & Spiesberger, M. (2013). Role of the moth fly Clogmia albipunctata (Diptera: Psychodinae) as a mechanical vector of bacterial pathogens in German hospitals. *The Journal of Hospital Infection*, 83 (1), 51–60. doi: 10.1016/j.jhin.2012.09.019

8. Hazipov, N. Z., Safin, M. A., & Idrisov, G. Z. (1985) *Tuberkulez krupnogo rogatogo skota*. Moskva. Agropromizdat [In Russian].

9. Kerrest, J. (1960). *Argas persicus venicule Pventnei di Mycobacterium tuberculosis var. hominis*. Annales de l'Institut Pasteur, 924–925.

10. Kassiri, H., & Kazemi, S. (2012). Cockroaches [Periplaneta americana (L.), Dictyoptera; Blattidae] as Carriers of Bacterial Pathogens, Khorramshahr County, Iran. *Jundishapur Journal of Microbiology*, 5, 320-322. doi: 10.5812/kowsar.20083645.2434

11. Moges, F., Eshetie, S., Endris, M., Huruy, K.., Muluye, D., Feleke, T., G/Silassie, F., Ayalew, G., & Nagappan, R. (2016). Cockroaches as a Source of High Bacterial Pathogens with Multidrug Resistant Strains in Gondar Town, Ethiopia. *BioMed Research International*. 1-6. doi: 10.1155/2016/2825056

12. Allen, B. W. (1987). Excretion of viable tubercle bacilli by Blatta orientalis (the oriental cockroach) following ingestion of heat-fixed sputum smears: a laboratory investigation. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 81 (1), 98–99. doi: 10.1016/0035-9203(87)90295-1

13. Guzman, J., & Vilcinskas, A. (2020). Bacteria associated with cockroaches: health risk or biotechnological opportunity?. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104 (24), 10369–10387. doi: 10.1007/s00253-020-10973-6

14. Blagodarnyiy, Ya. A., & Blehman, I. M. (1970). Kleschi *Argas presicus* -hraniteli i vozmozhnyie perenoschiki tuberkuleznoy infektsii u ptits. *Parazitologiya*, 4 (2), 150–152. [In Russian]

15. Fischer, O. A., Matlova, L., Dvorska, L., Svastova, P., Bartl, J., Weston, R. T., & Pavlik, I. (2004). Blowflies Calliphora vicina and Lucilia sericata as passive vectors of *Mycobacterium avium* subsp. avium, *M. a. paratuberculosis* and *M. a. hominissuis*. *Medical and Veterinary Entomology*, 18 (2), 116–122. doi: 10.1111/j.0269-283X.2004.00477.x

16. Wallace, J. R., Gordon, M. C., Hartsell, L., Mosi, L., Benbow, M. E., Merritt, R. W., & Small, P. L. (2010). Interaction of Mycobacterium ulcerans with mosquito species: implications for transmission and trophic relationships. *Applied and Environmental Microbiology*, 76 (18), 6215–6222. doi: 10.1128/AEM.00340-10

17. Durnez, L., Eddyani, M., Mgode, G. F., Katakweba, A., Katholi, C. R., Machang'u, R. R., Kazwala, R. R., Portaels, F., & Leirs, H. (2008). First detection of mycobacteria in African rodents and insectivores, using stratified pool screening. *Applied and Environmental Microbiology*, 74 (3), 768–773. doi: 10.1128/AEM.01193-07

18. Hedges, A. J. (2002). Estimating the precision of serial dilutions and viable bacterial counts. *International Journal of Food Microbiology*, 76 (3), 207–214. doi: 10.1016/s0168-1605(02)00022-3

19. Crispell, J., Benton, C. H., Balaz, D., De Maio, N., Ahkmetova, A., Allen, A., Biek, R., Presho, E. L., Dale, J., Hewinson, G., Lycett, S. J., Nunez-Garcia, J., Skuce, R. A., Trewby, H., Wilson, D. J., Zadoks, R. N., Delahay, R. J., & Kao, R. R. (2019). Combining genomics and epidemiology to analyse bi-directional transmission of *Mycobacterium bovis* in a multi-host system. *eLife*, 8, e45833. doi: 10.7554/eLife.45833

20. Fischer, O. A., Matlova, L., Dvorska, L., Svastova, P., Peral, D. L., Weston, R. T., Bartos, M., & Pavlik, I. (2004). Beetles as possible vectors of infections caused by Mycobacterium avium species. *Veterinary Microbiology*, 102 (3-4), 247–255. doi: 10.1016/j.vetmic.2004.06.005

21. Kazda, J. (2000) The Possible convergence towards pathogenicity in environmentally-derived mycobacteria. In: *The Ecology of Mycobacteria*. Springer, Dordrecht. doi: 10.1007/978-94-011-4102-4_6

22. Portaels, F., Chemlal, K., Elsen, P., Johnson, P. D., Hayman, J. A., Hibble, J., Kirkwood, R., & Meyers, W. M. (2001). Mycobacterium ulcerans in wild animals. *Revue Scientifique Et Technique (International Office of Epizootics)*, 20 (1), 252–264. doi: 10.20506/rst.20.1.1270

23. Marsollier, L., Robert, R., Aubry, J., Saint André, J. P., Kouakou, H., Legras, P., Manceau, A. L., Mahaza, C., & Carbonnelle, B. (2002). Aquatic insects as a vector for Mycobacterium ulcerans. *Applied and Environmental Microbiology*, 68 (9), 4623–4628. doi: 10.1128/aem.68.9.4623-4628.2002

Стаття надійшла до редакції: 20.04.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Зажарський В. В., Аліфонова К. В. Особливості інфікування жуків мікобактеріями та їх вплив на життєздатність збудника. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 248–255.

© Зажарський Володимир Володимирович, Аліфонова Кіра Володимирівна, 2022

Veterinary medicine
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 636.7/8:618 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.30**

USE OF ULTRASOUND EXAMINATION AS A METHOD OF DIAGNOSIS OF PATHOLOGIES OF THE HEPATOBILIARY SYSTEM OF SMALL ANIMALS

B. Kyrychko ORCID 0000-0003-1463-5501
T. Zvenihorodska* ORCID 0000-0002-4186-5700

Poltava State Agrarian University, 1/3 Skovorody Str., Poltava, 36003, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: tami777@ukr.net

How to Cite

Kyrychko, B., & Zvenihorodska, T. (2022). Use of ultrasound examination as a method of diagnosis of pathologies of the hepatobiliary system of small animals. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 256–262. doi: 10.31210/visnyk2022.02.30

The liver of small domestic animals is most often exposed to pathological effects. Poor-quality feed, unbalanced nutrition, use of various drugs can negatively affect the hepatobiliary system of animals. 36 dogs and 54 cats aged from 6 months to 17 years were selected for the research based on the research-educational-production clinic of Poltava State University. The animals were observed from January 2021 to January 2022. In experimental animals, clinical signs were recorded: ictericity of mucous membranes, vomiting, exhaustion, unpleasant odour from the skin and the oral cavity, frequent diarrhea, or constipation. Preparation of the animals included a 10-hour fasting diet. Ultrasound examination was performed in B-mode. The acoustic window was prepared by shaving the area from the xiphoid cartilage to the navel, in dogs the area of the last two intercostal spaces was additionally shaved. It was found that 58.3 % of dogs had concomitant diseases: heart failure – 14.3 %, chronic renal failure – 28.5 %, alimentary obesity – 10.3 %, while the number of concomitant diseases was much lower in cats: 12.5 % had chronic renal failure , heart failure – 6.2 %, dietary obesity – 6.2 %. It was found that the most common pathologies of the hepatobiliary system of dogs are hepatosis and hepatitis; in cats – liver lipidosis and cholangiohepatitis. Among dog breeds, Yorkshire terriers, Pekingese, and Chihuahuas are most prone to diseases of the hepatobiliary system, while cats have no breeding predisposition. The average age of cats with liver lipidosis is 6.2 years, females are most prone (75 % of those examined). Signs of hepatosis in dogs on an ultrasound scan include rounding of the edges of the liver, increased echogenicity of liver tissues, fine-grained and coarse-grained echostructure, and an increase in the size of the liver. Signs of liver lipidosis in cats are the rounding of the edges of the liver and its increase, increased echogenicity of liver tissues, and a blurred, smoothed pattern.

Key words: *ultrasonography, hepatobiliary system, dogs, cats, liver, lipidosis, hepatosis.*

ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ЯК МЕТОДУ ДІАГНОСТИКИ ПАТОЛОГІЙ ГЕПАТОБІЛІАРНОЇ СИСТЕМИ У ДРІБНИХ ТВАРИН

Б. П. Киричко, Т. В. Звенігородська
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

У дрібних домашніх тварин найчастіше патологічному впливу піддається печінка: неякісні корми, незбалансоване харчування, використання різних препаратів може негативно впливати на гепатобіліарну систему тварин. Для вирішення завдань на базі науково-навчально-виробничої клініки Полтавського державного аграрного університету було відібрано 36 собак та 54 коти віком від 6 місяців до 17 років з січня 2021 по січень 2022 року. У дослідних тварин реєстрували клінічні такі ознаки: іктеричність слизових оболонок, блювання, виснаження, неприємний запах від шкіри та з

ротової порожнини, часті діареї чи запори. Підготовка тварин включала 10-годинну голодну дієту. Ультразвукове дослідження проводили в В-режимі. Акустичне вікно готували, вибриваючи ділянку від мечоподібного хряща до пупка, у собак вибривали додатково ділянку двох останніх міжреберних проміжків. Було виявлено, що 58,3 % собак мали супутні захворювання: серцеву недостатність – 14,3 %, 28,5 % – хронічну ниркову не достатність, 10,3 % – аліментарне ожиріння, тоді як у котів кількість супутніх захворювань було значно менше: 12,5 % мали хронічну ниркову недостатність, 6,2 % – серцеву недостатність, 6,2 % – аліментарне ожиріння. Було виявлено, що найпоширенішими патологіями гепатобіліарної системи собак є гепатози та гепатити; в котів – ліпідози печінки та холангіогепатити. Серед порід собак найбільш схильні до хвороб гепатобіліарної системи йоркширські тер'єри, пекінеси та чіхуахуа, у котів порідної схильності не виявлено. Середній вік котів з ліпідозом печінки складає 6,2 роки, найбільш схильні самки (75 % обстежених). Ознаками гепатозу собак на ультразвуковій картині є заокругленість країв печінки, підвищена ехогенність тканин печінки, дрібнозерниста та крупнозерниста ехоструктура, збільшення розмірів печінки. Ознаками ліпідозів печінки в котів є заокругленість країв печінки та її збільшення, підвищення ехогенності тканин печінки та розмитий, згладжений рисунок.

Ключові слова: *ультрасонографія, гепатобіліарна система, собаки, коти, печінка, ліпідоз, гепатоз.*

Вступ

Візуальні методи діагностики у ветеринарній медицині є надзвичайно важливими, оскільки надають змогу оцінити стан внутрішніх органів, що необхідно для постановки діагнозу та проведення ефективного лікування. Сонографічне дослідження є простим і ефективним методом, що діє в режимі реального часу та дає можливість провести диференціальну діагностику, зрозуміти які додаткові обстеження необхідні, щоб поставити правильний діагноз та призначити ефективне лікування. У дрібних м'ясоїдних тварин найбільш часто патологічному впливу піддається печінка, основною проблемою діагностики є те, що клінічні симптоми патології печінки проявляються як правило, коли уражено 70–80 % тканин. За повідомленнями різних дослідників, патологія печінки у собак становить від 5 до 50,8 %, у котів – від 12 до 60 % усіх внутрішніх патологій. За повідомленнями авторів, найчастіше реєструють гепатити – 43 %, гепатодистрофії – 35 %, цироз – 16 %, новоутворення – 6 % [4, 15]. Незбалансована годівля, голодування, стреси, погіршення екології – основні чинники, що сприяють розвитку хвороб гепатобіліарної системи.

Саме тому *метою* нашої роботи було виявити поширеність патологій гепатобіліарної системи у дрібних тварин та визначити, які ультразвукові ознаки є для них характерними. Для досягнення мети розв'язували такі задачі: з'ясовували, які з патологій гепатобіліарної системи котів найчастіше реєструються при ультразвуковому дослідженні; з'ясовували ультрасонографічні зміни печінки за наявності патологій гепатобіліарної системи.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили на базі навчально-науково-виробничої клініки Полтавського державного аграрного університету (ПДАУ) м. Полтави протягом року. Використовували ультразвуковий апарат Aloka 31 F (Японія) та лінійний датчик UST-5512U з частотою 5–7,5 МГц. Об'єктами досліджень були 36 собак та 54 коти віком від 6 місяців до 17 років, у яких реєстрували такі клінічні ознаки: іктеричність слизових оболонок, блювання, виснаження, неприємний запах від шкіри та з ротової порожнини, часті діареї чи запори. Підготовка тварини до дослідження включала 10-годинну голодну дієту та вигул у собак за 3–4 години до дослідження для спорожнення кишечнику від газів та калових мас. Ультразвукове дослідження проводили в В-режимі. Для забезпечення хорошої візуалізації печінки та жовчного міхура вибривали шерсть у ділянці краніальної частини черевної порожнини та двох останніх міжреберних проміжків. Тварин вкладали дорсально чи латерально на правий та лівий бік. Після нанесення на шкіру гелю ультразвуковий датчик встановлювали в ділянці мечоподібного відростку та проводили дослідження вієроподібно в поперечній та повздовжній площинах, починаючи з правого боку і поступово переходячи на лівий [1–3].

Результати досліджень та їх обговорення

За період з січня 2021 року по січень 2022 року в навчально-науково-виробничу клініку ПДАУ надійшло 36 собак та 54 коти з хворобами гепатобіліарної системи. Було виявлено, що 58,3 % собак

мали супутні захворювання: серцеву недостатність – 14,3 %, 28,5 % – хронічну ниркову недостатність, 10,3 % – аліментарне ожиріння. Варто відзначити, що дві собаки в анамнезі були отруєні ізоніазидом, одна собака з'їла препарат для хіміотерапії своєї власниці, одна собака має епілепсію і два роки їй давали протисудомні препарати, іншій собаці давали п'ять років преднізолон. У ще однієї собаки було виявлено новоутворення печінки. Наші дослідження збігаються з повідомленнями Lisciandro et al. щодо виявлення патологій гепатобіларної системи у собак із серцевою та нирковою недостатністю [14].

Серед котів – 12,5 % мали хронічну ниркову недостатність, 6,2 % – серцеву недостатність, 6,2 % – аліментарне ожиріння.

Досліджуючи породну схильність, було виявлено, що більш схильні до хвороб гепатобіліарної системи були дрібні породи собак: йоркширські тер'єри – 22,2 %, пекінеси – 25 % та чіхуахуа – 16,7 %. Тоді як серед котів порідної схильності не відмічали, навпаки найбільш часто хворіли безпородні тварини – 38,9 %. Серед визначених патологій гепатобіліарної системи у собак частка гепатозів складала 50,4 %, гепатитів – 36,7 %, холециститів – 12,9 %.

У котів у 25,9 % виявили триадит – запальне захворювання печінки, дванадцятипалої кишки та підшлункової залози. У 74,1 % це були власне захворювання гепатобіліарної системи (ліпідоз печінки та холангіогепатит).

Основні клінічні ознаки за наявності гепатозів у дослідних собак представлені на рис. 1.

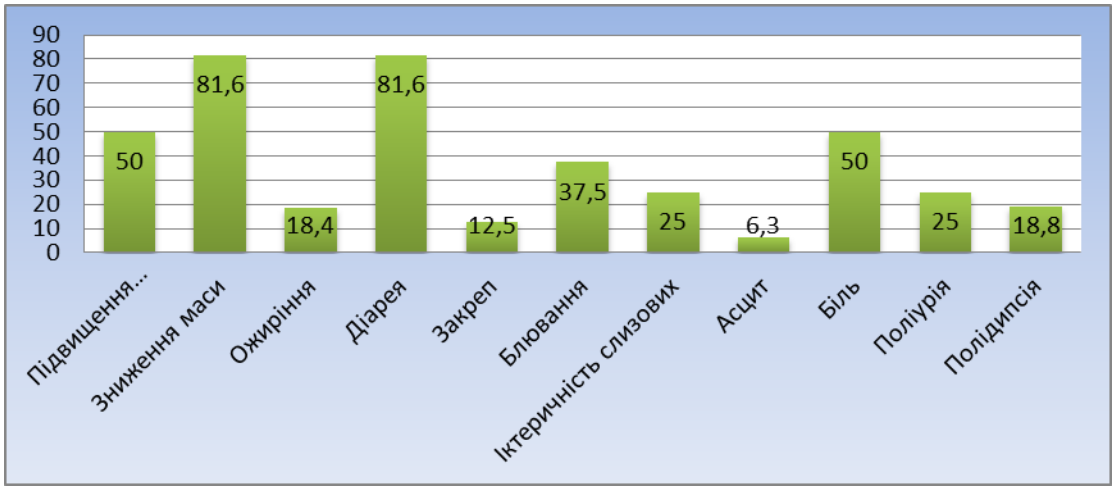


Рис. 1. Клінічні ознаки за гепатозів у собак, n = 16

Встановлено, що найчастішими клінічними ознаками гепатозу в собак були гіпертермія (50 %), зниження маси тіла (81,6 %), діарея (81,6 %) та абдомінальний біль (50,0 %). Ультрасонографічні зміни при гепатозах собак представлені на рис. 2.

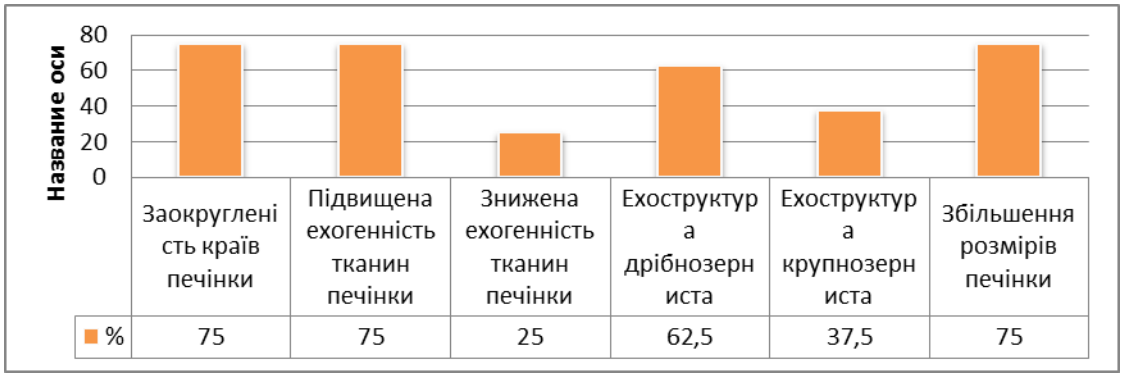


Рис. 2. Ультрасонографічні зміни при гепатозах собак, n=16

Встановлено, що гепатози в собак на ультрасонографічному зображенні проявляються заокругленістю країв печінки (75 %), підвищеною (75 %) чи зниженою (25 %) ехогенністю тканин

печінки, дрібнозернистою (62,5 %) чи крупнозернистою (37,5 %) ехоструктурою, збільшенням розмірів печінки (75 %).

Найбільш специфічну картину мали зміни, пов'язані зі стероїдною гепатопатією, яку ми реєстрували в однієї собаки: печінка збільшена, краї заокруглені, ехогенність зменшена, ехоструктура грубозерниста, однорідна (рис. 2).

Рис. 3. Йоркширський тер'єр Соня, 8 років. Стероїдна гепатопатія. Заокругленість країв печінки, гіперехогенність паренхіми

Серед хвороб гепатобіліарної системи в обстежених котів найчастіше реєстрували ліпідоз печінки – 60 %. Середній вік котів з ліпідозом складав 6,2 роки, що збігається з повідомленнями авторів Armstrong & Blanchard, які пишуть про середній вік 7 років та Center, що описує ліпідоз печінки у котів різного віку від 5 місяців до 20 років, але найбільшу частку складають коти 5–8 років [5, 8]. Як уже було відмічено, породної схильності до ліпідозу серед котів не реєстрували, проте варто відмітити, що самок серед хворих котів було більше, ніж самців (75 % і 25 % відповідно). Низка авторів теж відмічає таку закономірність [6, 7, 16, 17]. Основні клінічні ознаки за наявності цієї патології представлені на рисунку 4.

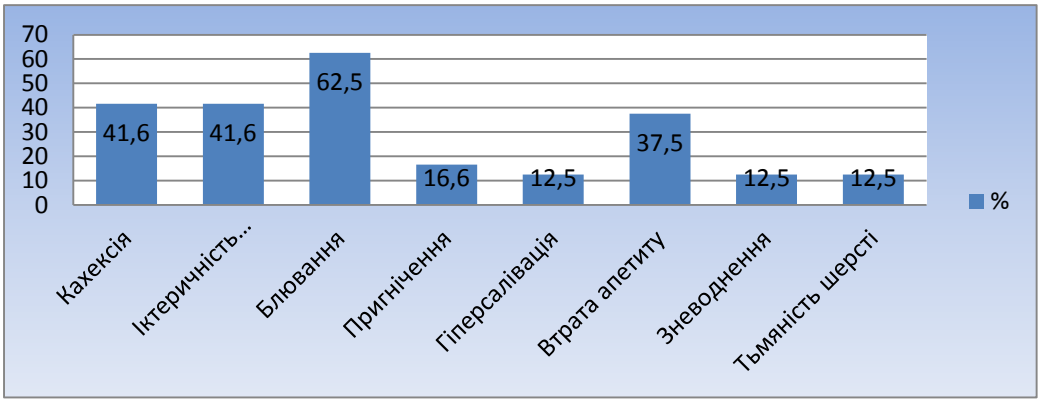


Рис. 4. Клінічні ознаки за наявності ліпідозу печінки в котів, n=24

Встановлено, що клінічні ознаки, що найчастіше проявлялися в дослідних котів з ліпідозом: блювання (62,5 %), іктеричність слизових оболонок (41,6 %) та кахексія (41,6 %). Про такі ж симптоми повідомляють Valtolina, & Favier, також вони описують випадки депресії в котів (у нашому дослідженні не було зареєстровано), гіперсалівації та погіршення стану шерсті [19], що перетинається з нашими дослідженнями і становить 12,5 % дослідних котів. За наявності цієї патології у котів реєстрували ультразвукові зміни, які представлені на рис. 5.

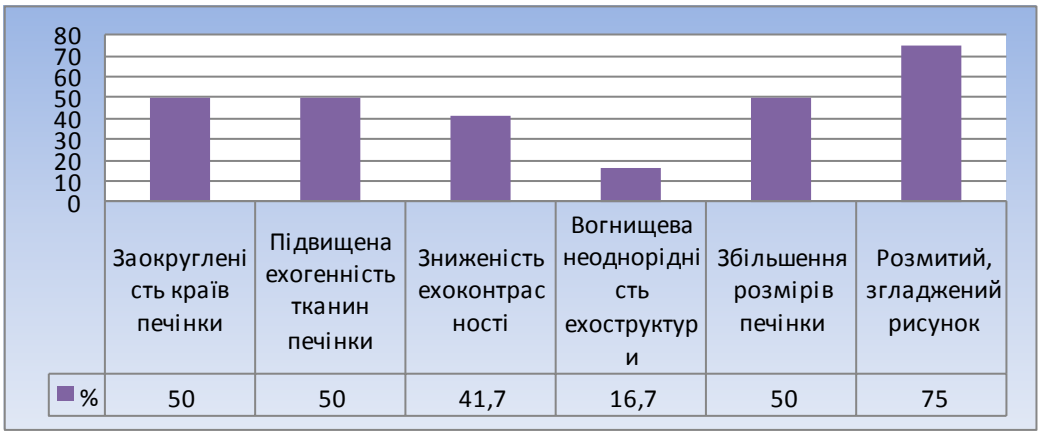


Рис. 5. Ультразвукові зміни печінки за наявності ліпідозу печінки в котів, n=24

За наявності ліпідозу в котів найчастіше спостерігали такі ультрасонографічні зміни: заокругленість країв печінки та її збільшення, підвищення ехогенності тканин печінки (50 %) та розмитий, згладжений рисунок (75 %). Наразі натрапляємо на суперечливі повідомлення стосовно гіперехогенності тканин печінки. Деякі автори зазначають, що вкрай важко відрізнити ліпідоз від фіброзу, оскільки ультразвукова картина буде схожою [10–13]. Проте інші автори зазначають, що при ліпідозі ехоструктура печінки добре виражена, тоді як при фіброзі ехоструктура виражена гірше та рідко буває збільшення печінки [9, 18, 20].

На другому місці за частотою поширення у дослідних котів хвороб гепатобіліарної системи (25 %) ми відмічали холангіогепатит – запалення паренхіми печінки та жовчних протоків. Ультразвукові ознаки при цьому захворюванні можна розглянути на рис. 6.

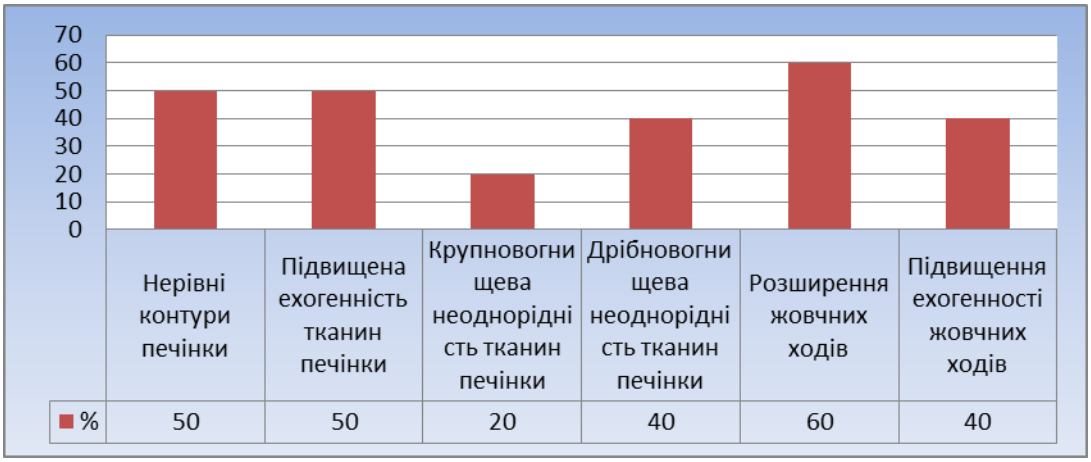


Рис. 6. Ультразвукові зміни печінки за наявності холангіогепатиту в котів, n=10

За наявності холангіогепатиту найчастіше реєстрували ультразвукові зміни: нерівність контурів печінки (50 %), дрібно вогнищеву неоднорідність тканин печінки (40 %), розширення жовчних ходів (60 %) та підвищення їх ехогенності (40 %).

Висновки

Ультразвукове дослідження є корисним і надійним методом виявлення патологічних змін гепатобіліарної системи. Результати досліджень свідчать, що найчастішими патологіями, що виявлялися при УЗД гепатобіліарної системи собак були гепатози та гепатити; в котів – ліпідози печінки та холангіогепатити. Гепатози у собак на ультрасонографічних зображеннях характеризувалися заокругленістю країв печінки, підвищеною ехогенністю тканин печінки, дрібнозернистою та крупнозернистою ехоструктурою, збільшенням розмірів печінки. Ліпідози в

котів характеризувалися заокругленістю країв печінки та її збільшенням, підвищенням ехогенності тканин печінки та розмитим, згладженим рисунком.

Перспективою подальших досліджень є контроль за допомогою сонографії консервативного лікування хвороб гепатобіліарної системи у дрібних тварин.

References

1. Busharova, E. V. (2013). *Osnovy primeneniya ultrazvukovoj diagnostiki u melkih domashnih zhivotnyh.* Moskva. [In Russian].
2. Zueva, N. M., & Surgina, V. A. (2015). *UZI v veterinarii. Melkie domashnie zhivotnye. Organy bryushnoj polosti.* Moskva. [In Russian].
3. Pennik, D., & d'Anzhu, M. (2015). *Atlas po ultrazvukovoj diagnostike. Issledovaniya u sobak i koshek.* Moskva: Akvarium.[In Russian].
4. Slivinskaya, L. G. Vizualnaya diagnostika zabolevanij pecheni u sobak. (2017). *Uchenye Zapiski Uchrezhdeniya Obrazovaniya Vitebskaya Ordena Znak Pocheta Gosudarstvennaya Akademiya Veterinarnoj Mediciny,* 2, 137–142. [In Russian].
5. Armstrong, P. J., & Blanchard, G. (2009). Hepatic lipidosis in cats. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 39 (3), 599–616. doi:10.1016/j.cvsm.2009.03.003
6. Banzato, T., Bonsembiante, F., Aresu, L., Gelain, M. E., Burti, S., & Zotti, A. (2018). Use of transfer learning to detect diffuse degenerative hepatic diseases from ultrasound images in dogs: A methodological study. *The Veterinary Journal*, 233, 35–40. doi:10.1016/j.tvjl.2017.12.026
7. Brown, B., Mauldin, G. E., & Armstrong, J. (2000). Metabolic and hormonal alterations in cats with hepatic lipidosis. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 14 (1), 20–26. doi: 10.1892/0891-6640(2000)014<0020:mahaic>2.3.co;2
8. Center, S. A. (2005). Feline hepatic lipidosis. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 35 (1), 225–269. doi: 10.1016/j.cvsm.2004.10.002
9. Heo, S. H., Yoon, Y. M., Hwang, T. S., Jung, D. I., & Lee, H. C. (2018). Imaging diagnosis of hepatic lipidosis in a cat. *Korean Journal of Veterinary Research*, 58 (2), 99–101. doi: 10.14405/kjvr.2018.58.2.99
10. Kemp, S. D., Panciera, D. L., Larson, M. M., Saunders, G. K., & Werre, S. R. (2013). A comparison of hepatic sonographic features and histopathologic diagnosis in canine liver disease: 138 cases. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 27 (4), 806–813. doi: 10.1111/jvim.12091
11. Kooby, D. A., Fong, Y., Suriawinata, A., Gonen, M., Allen, P. J., Klimstra, D. S., DeMatteo, R. P., D'Angelica, M., Blumgart, L. H., & Jarnagin, W. R. (2003). Impact of steatosis on perioperative outcome following hepatic resection. *Journal of Gastrointestinal Surgery*, 7, 1034–1044. doi: 10.1016/j.gassur.2003.09.012
12. Larson, M. M. (2016). Ultrasound Imaging of the Hepatobiliary System and Pancreas. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 46 (3), 453–480. doi:10.1016/j.cvsm.2015.12.004
13. Lessa, A. S., Paredes, B. D., Dias, J. V., Carvalho, A. B., Quintanilha, L., Takiya, C. M., & Goldenberg, R. C. (2010). Ultrasound imaging in an experimental model of fatty liver disease and cirrhosis in rats. *BMC Veterinary Research*, 6 (1), 6. doi: 10.1186/1746-6148-6-6
14. Lisciandro, G. R., Gambino, J. M., & Lisciandro, S. C. (2021). Thirteen dogs and a cat with ultrasonographically detected gallbladder wall edema associated with cardiac disease. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 35 (3), 1342–1346. doi:10.1111/jvim.16117
15. Neer, T. M. (1992). A review of disorders of the gallbladder and extrahepatic biliary tract in the dog and cat. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 6 (3), 186–192. doi: 10.1111/j.1939-1676.1992.tb00335.x
16. Otte, C. M., Penning, L. C., & Rothuizen, J. (2017). Feline biliary tree and gallbladder disease: Aetiology, diagnosis and treatment. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 19 (5), 514–528. doi:10.1177/1098612x17706465
17. Pavlick, M., Webster, C. R., & Penninck, D. G. (2018). Bleeding risk and complications associated with percutaneous ultrasound-guided liver biopsy in cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 21 (6), 529–536. doi: 10.1177/1098612x18788883
18. Soppet, J., Young, B. D., Griffin, J. F., Gilmour, L. J., Heffelman, V., Tucker-Mohl, K., & Spaulding, K. A. (2018). Extruded gallbladder mucoceles have characteristic ultrasonographic features and extensive migratory capacity in dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 59 (6), 744–748. doi: 10.1111/vru.12673
19. Valtolina, C., & Favier, R. P. (2017). Feline Hepatic Lipidosis. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 47 (3), 683–702. doi: 10.1016/j.cvsm.2016.11.014

20. Wilson, K., Powers, D., Grasperge, B., Liu, C., & Granger, L. A. (2020). Dogs with biliary rupture based on ultrasound findings may have normal total serum bilirubin values. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 62 (2), 236–245. doi: 10.1111/vru.12937

Стаття надійшла до редакції: 09.05.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Киричко Б. П., Звенігородська Т. В. Використання ультразвукового дослідження як методу діагностики патологій гепатобіліарної системи у дрібних тварин. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 256–262.

©Киричко Борис Павлович, Звенігородська Таміла Владиславівна, 2022

Veterinary medicine
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 616.12-073:636.8 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.31**

CLINICAL CASES OF HYPERTROPHIC CARDIOMYOPATHY IN CATS

N. Tishkina* ORCID 0000-0003-2662-5327
V. Sapronova ORCID 0000-0002-0063-5773
V. Rimsky ORCID 0000-0001-5394-7036

Dnipro State Agrarian and Economic University, Serhii Efremov Str., 25, Dnipro, 49600, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: tishkina1071@gmail.com

How to Cite

Tishkina, N., Sapronova, V., & Rimsky, V. (2022). Clinical cases of hypertrophic cardiomyopathy in cats. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 263–268. doi: 10.31210/visnyk2022.02.31

The clinical cases of cats with hypertrophic cardiomyopathy were analyzed. The study was conducted in 2021 and early 2022 in the conditions of LLC "Veterinary Space Discovery", Dnipro. The objects of clinical and laboratory research were 17 domestic cats of different age groups, sexes and breeds, which during the complex study had a pronounced clinic. For most animals, the cause of cardiomyopathies is unknown, a genetic predisposition has been found in cats of the Maine Coon, Regdol and Sphinx breeds. Diseases have been reported among castrated animals of British, Scottish, Persian, Sphinx and Maine Coon breeds. The age range was from 1.5 to 13 years, the average age of animals was 6.7 years. Most cats did not show obvious clinical signs. Visually, in sick animals with hypertrophic cardiomyopathy, clinical signs characteristic of heart failure were observed – lethargy, apathy, rapid fatigue, shortness of breath, sudden fainting. Special examinations included chest radiography, electrocardiography, and ultrasound of the heart. Radiography revealed pulmonary edema and serous effusion in the thoracic cavity in 18 % of animals. Electrocardiographic analysis included rhythm diagnosis and specific electrocardiographic measurements, which revealed arrhythmias in three animals (18 %). Cardiomegaly and concentric or asymmetric left ventricular hypertrophy have been reported in echocardiography in affected cats. Concentric hypertrophy was characterized by thickening of the wall and reduction of the left ventricular cavity, with gradual expansion of the left atrium. Also, 53 % of animals showed systolic murmur and 24 % gallop murmur, which is an additional indicator of hypertrophic cardiomyopathy. For most cats with clinical signs of hypertrophic cardiomyopathy, the long-term prognosis is from cautious to adverse, depending on the clinical condition of the animals and the course of the disease and despite treatment. Treatment of animals was aimed at controlling heart rate, reducing pulmonary edema and stagnation in congestive heart failure, dissolving existing blood clots and preventing their occurrence. The treatment regimen included: Gabapentin (to eliminate vocalization), Furosemide (to reduce edema), Dobutamine (to improve heart rate), Butorphanol (to relieve pain), Streptokinase and Heparin (to restore blood flow and dissolve existing blood clots), Clopidogrel atherothrombotic and thromboembolic conditions). Additionally, oxygen therapy was prescribed to cats to eliminate breathing problems. The care of each animal was individual, aimed at reducing stress, increasing survival, reducing morbidity and mortality. During treatment, four animals (25.5 %) died and three (17.7 %) were euthanized at the request of the owners. After treatment, the general condition improved in six animals (35.3 %), four more (25.5 %) died within a month after treatment.

Key words: *cats, heart disease, echocardiography, heart failure, pulmonary edema, treatment.*

КЛІНІЧНІ ВИПАДКИ ГІПЕРТРОФІЧНОЇ КАРДІОМІОПАТІЇ У КОТІВ

Н. М. Тішкіна, В. О. Сапронова, В. В. Римський
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

У роботі проаналізовано клінічні випадки захворюваності котів на гіпертрофічну кардіоміопатію. Дослідження проведено в період 2021 та початку 2022 років в умовах ТОВ «Ветеринарний простір Діскавері» м. Дніпра. Об'єктами клінічного і лабораторного дослідження послужили 17 свійських котів різних вікових груп, статі та порід, які під час комплексного дослідження мали яскраво виражену клініку. Для більшості тварин причина кардіоміопатій не відома, генетична схильність встановлена у котів порід мейн-кун, регдол та сфінкс. Захворювання реєстрували серед кастрованих тварин британської, шотландської, персидської породи, породи сфінкс та мейн-кун. Віковий діапазон складав від 1,5 до 13 років, середній вік тварин 6, 7 років. Більшість котів явних клінічних ознак не проявляли. Візуально у хворих тварин з гіпертрофічною кардіоміопатією спостерігали клінічні ознаки, що були характерними для серцевої недостатності – в'ялість, апатичність, швидке стомлення, задишку, раптову непритомність Для постановки діагнозу проводили збір анамнезу, клінічне і лабораторне дослідження. Спеціальне обстеження включало рентгенографію грудної клітки, електрокардіографію та ультразвукову діагностику серця. За допомогою рентгенографії у 18 % тварин виявили набряк легень та серозний випіт у грудну порожнину. Електрокардіографічний аналіз включав діагностику ритму і специфічні електрокардіографічні виміри, за результатами якого у трьох тварин (18 %) виявили аритмії. За умови використання ехокардіографії в уражених котів реєстрували кардіомегалію та концентричну або асиметричну гіпертрофію лівого шлуночка. Концетрична гіпертрофія характеризувалася потовщенням стінки та зменшенням порожнини лівого шлуночка, з поступовим розширенням лівого передсердя. Також у 53 % тварин виявили систолічний шум та у 24 % шум галопом, що є додатковим показником гіпертрофічної кардіоміопатії. Для більшості котів з клінічними ознаками, спричиненими гіпертрофічною кардіоміопатією, довгостроковий прогноз від обережного до несприятливого, залежно від клінічного стану тварин та перебігу хвороби та, незважаючи на лікування. Лікування тварин було направлено на контроль частоти серцевих скорочень, зменшення набряків легень та застою при застійній серцевій недостатності, розчиненню наявних тромбів та запобіганню їх появі. Схема лікування включала препарати: Габапентин (для усунення вокалізації), Фуросемід (для зниження набряків), Добутамін (для покращення серцевих скорочень), Буторфанол (для усунення болю), Стрептокіназу та Гепарин (для відновлення кровотоку та розчинення наявних тромбів), Клопідогрель (для профілактики атеротромботичних та тромбоемболічних станів). Додатково для усунення проблем з диханням котам призначали кисневу терапію. Догляд за кожною твариною був індивідуальний, направлений на зменшення стресів, підвищення рівня виживання, зменшення захворюваності та смертності. Під час лікування чотири тварини (25,5 %) загинули та трьох (17,7 %) евтаназували на прохання власників. Після проведеного лікування загальний стан покращився у шести тварин (35,3 %), ще четверо (25,5 %) померли протягом місяця після закінчення лікування.

Ключові слова: *коти, хвороба серця, ехокардіографія, серцева недостатність, набряк легень, лікування.*

Вступ

Гіпертрофічна кардіоміопатія (ГКМП) – це рідкісне захворювання серцевого м'яза, що характеризується вираженою гіпертрофією міокарда лівого шлуночка при відсутності етіологічних факторів збільшення маси серця (передусім артеріальної гіпертензії та аортального стенозу. Дослідження показали, що її поширеність може досягати 15 % [1–2]. Розрізняють три види кардіоміопатій – дилятаційну, гіпертрофічну та рестриктивну, найбільшу частку яких складають гіпертрофічні [3–4]. Найчастіше захворювання реєструють у котів таких порід, як британські і американські короткошерсті, шотландські висловухі, мейн-кун, регдол, бурми, сфінкс, шартрез, перських. Зважаючи на те, що у котів породи мейн-кун і регдол були виявлені мутації кількох серцевих генів, дослідники припускають роль генетичної спадковості [5–6]. У чистопородних кішок ГКМП переважає у молодих кішок у вигляді субклінічного захворювання. У змішаних кішок клінічно виражена ГКМП частіше трапляються у літніх тварин, хоча можуть хворіти і молоді кішки, і навіть

кошенята. Віковий діапазон захворюваності тварин досить великий – від 3 місяців до 14 років [5, 7]. Клінічні ознаки у більшості котів з гіпертрофічною кардіоміопатією не проявляються. Прогресування хвороби призводить до розвитку хронічної серцевої недостатності, що клінічно проявляється утрудненим або прискореним диханням, млявістю, короткочасним запамороченням.

Основним і найбільш інформативним методом діагностики гіпертонічної кардіоміопатії, крім загальноклінічних, є рентгенографія грудної клітки і ультразвукове дослідження серця [7–8]. У разі хронічної серцевої недостатності рентгенологічного спостерігають набряк легень та плевральні випоти у грудну порожнину. Поява артеріальної тромбоемболії на тлі ускладнення гіпертрофічної кардіоміопатії завжди пов'язана зі збільшенням і дисфункцією лівого передсердя. Двовимірна ехокардіографія дає змогу виявити морфологічні і функціональні зміни міокарду (потовщення стінок, звуження чи розширення камер серця, зниження скоротливої функції міокарда, зниження фракції викиду лівого шлуночка) [9–10]. Типовими морфологічними змінами серцевого м'язу за ГКМП є гіпертрофія і дезорієнтація скоротливих м'язових волокон з поступовим розвитком фіброзу. Масивна гіпертрофія лівого шлуночка (понад 15 мм) відбувається через потовщення вільної стінки і міжшлуночкової перегородки з одночасним зменшенням об'єму порожнини [11–12]. У рідкісних випадках спостерігається гіпертрофія правого шлуночка, частіше асиметричного характеру з частим розвитком обструкції вихідного тракту за відсутності відомих причин.

Прогноз для котів з гіпертрофічною кардіоміопатією варіабельний – від сприятливого до обережного.

Основну причину кардіоміопатії у кішок рідко можна вилікувати, але якщо кардіоміопатія вторинна, що розвинулася через хвороби, що спричиняють гіпертензію або через гіпертиреоїдит (лікування основного захворювання може позитивно позначитися на функціонуванні серця [13–14].

Метою нашої роботи став аналіз діагностики клінічних випадків гіпертрофічної кардіоміопатії у котів.

Завданням було вивчити поширеність захворювання серед котів різних порід, віку та статі, провести аналіз клінічних ознак та діагностики гіпертрофічної кардіоміопатії у котів.

Матеріали і методи досліджень

Ми провели статистичний аналіз захворюваності свійських котів на гіпертрофічну кардіоміопатію протягом 2021 року в умовах ТОВ «Ветеринарний простір Діскавері» міста Дніпра. За дослідний період було досліджено 17 котів різних порід, статей та віку, підозрюваних у захворюванні. Тварини поступали до клініки з різною симптоматикою. Для постановки діагнозу проводили збір анамнезу, загальне клінічне обстеження, відбір крові на біохімічні дослідження. Зі спеціальних обстежень котам проводили такі: рентгенографію грудної клітки на рентгенографічному апараті GE 8 (США) – для виявлення змін розмірів і форми серця та набряків легень; електрокардіографію апаратом Bioset 8000 (Німеччина) – для виявлення порушень серцевого ритму, ехокардіографію на ультрасонографічному апараті Esaote MyLab Gamma (США) – для визначення структури серця, товщини стінок шлуночків і передсердь, якості їх скорочення, наявності шумів.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за допомогою персонального комп'ютера, використовуючи програму Microsoft Office Exel 2007.

Результати досліджень та їх обговорення

Проведений аналіз даних амбулаторного журналу клініки за дослідний період показав 17 випадків захворювання котів на гіпертрофічну кардіоміопатію. Захворювання реєстрували у тварин віком від 1,5 до 13 років, середній вік яких склав 6,68 років, що узгоджується з даними авторів [15, 16] Найбільшу частку складали тварини 4–6 років (n=12), менше – до 3 років (n=2) та старше 10 років (n=3). Маса тварин була в межах 7,25–30,1 кг, де середня вага склала 5,05 кг. Найбільш схильними до гіпертрофічної кардіоміопатії виявилися коти таких порід, як британська короткошерстна і шотландська висловуха (по п'ять тварин), менше – сфінкс (дві тварини) і перська (три тварини). Був зареєстрований один випадок у мейн-куна та метиса, що узгоджується з даними більшості авторів [6]. Патологію частіше реєстрували у самців, ніж у самок (11 : 6), при цьому 54,5 % (6) котів були кастрованими.

У тварин спостерігали такі клінічні ознаки: млявість, задишку, швидке стомлення після навантаження, прискорене дихання, вокалізацію. Ці симптоми свідчили про ускладнення гіпертрофічної кардіоміопатії застійною серцевою недостатністю. Частота дихання у тварин була в

межах 20–60 дихальних рухів за хвилину (в середньому 34 дих. рух. за хв.), а частота серцевих скорочень – 130–250 ударів за хвилину (в середньому 200 уд. / хв.).

При рентгенологічному дослідженні грудної клітки у трьох тварин з ускладненням хронічною серцевою недостатністю (n=3) спостерігали набряк паренхіми легень (рис. 1).

Рис. 1. Альвеолярний набряк легень у кота 8 років (вентро-дорсальна проєкція).

За допомогою ехокардіографії гіпертрофічну кардіоміопатію діагностували у котів, коли товщина міжшлуночкової та / або вільної стінки лівого шлуночка в діастолі становила ≥ 6 мм при двомірному скануванні в М-режимі, отриманому з правої парастернальної проєкції лівого шлуночка трохи вище папілярних м’язів (рис. 2).

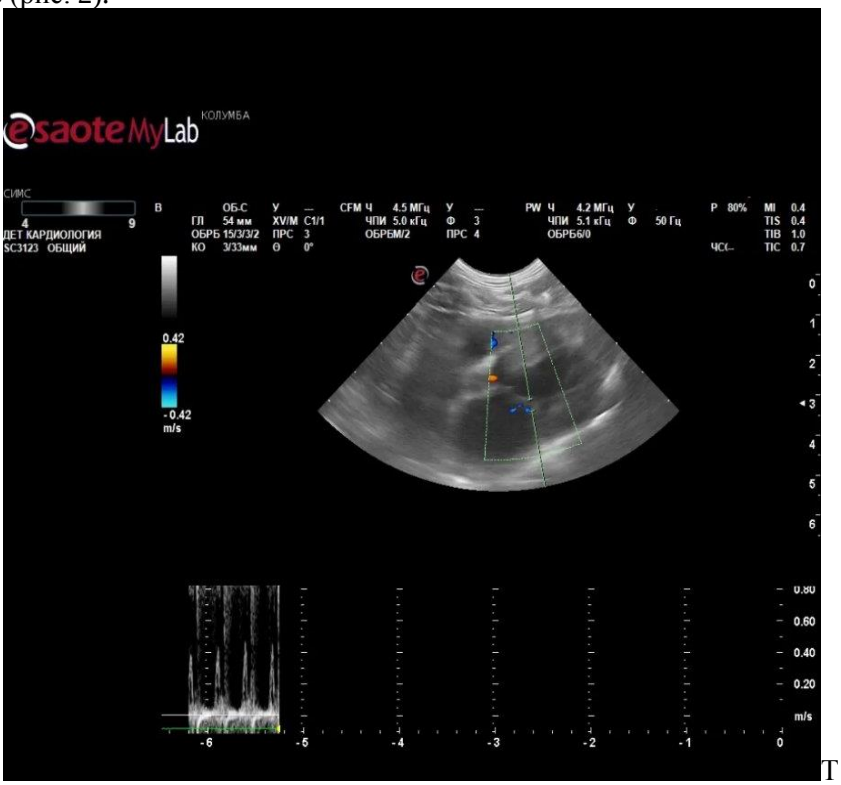


Рис. 2. Ехокардіографія серця у кота 6 років

У нашому дослідженні в 82 % тварин (14 котів) виявляли дифузну симетричну гіпертрофію міокарда, де міжшлуночкова перегородка і вільні стінки лівого шлуночка були потовщеними від 12,1–24 мм, що в середньому становило 14,78 мм, що узгоджується з даними авторів [17–18] У трьох кішок (18 %) спостерігали непропорційне потовщення міжшлуночкової перегородки порівняно з вільною стінкою. Систолічний шум виявляли у дев'яти котів (53 %) із сімнадцяти, галопом – у чотирьох (24 %). Аритмії виявляли лише у трьох (18 %). Згідно з дослідженнями авторів [19–20], наявність шуму в серці підвищує вірогідність гіпертрофічної кардіоміопатії у котів порівняно з тваринами без шуму.

Сприятливий прогноз щодо котів зі встановленою первинною кардіоміопатією узгоджується з даними більшості дослідників [8–9, 12]. Для котів з прогресуючою формою, що супроводжувалася застійною серцевою недостатністю і тромбоемболією, – несприятливий.

Лікування свійських котів розробляли індивідуально, зважаючи на вік, стать і породу. Використовували такі препарати: Габапентин 300 мг, по ¼ капсули внутрішньо 1 раз на добу, протягом 5 днів; петльовий діуретик Фуросемід 1 % розчин 2–4 мг / кг внутрішньовенно 2 рази на добу протягом 7 днів; Добутамін (селективний агоніст β-адренорецепторів міокарду) 2–5 мкг / кг/ хв. внутрішньовенно одноразово; Стрептокіназа 1500000 (тромболітичний препарат) по 45000 OD внутрішньовенно одноразово; Гепарин 300 OD (антитромбічний засіб) кожні 6 годин підшкірно протягом 3 днів; Буторфанол 0,2 % (опіоїдний анальгетик похідний фенатрену) для зняття вокалізації по 0,05 мл / кг внутрішньом'язово, 3 рази на добу, протягом 2 днів. Клопідогрель 75 мг (антиагрегатний препарат) внутрішньо по ¼ таблетки 1 раз на добу протягом 60 днів.

Аналіз літературних джерел з питань видужування і смертності тварин під час і після лікування узгоджується з нашими даними [3]. Серед 17 тварин, яких лікували, четверо тварин (25,5 %) загинуло під час лікування від хронічної серцевої недостатності, трьох (17,7 %) з явищами тромбоемболії було піддано евтаназії, у шести тварин (35,3 %) після проведеного лікування загальний стан покращився та четверо (25,5 %) померло протягом місяця після проведеного лікування.

Висновки

Найбільш поширеною серед кардіоміопатій у котів є гіпертрофічна форма, яку реєструють у дорослих тварин середнього віку. Найчастіше спостерігають у чистопородних котів з генетичною схильністю. Хвороба клінічно перебігає безсимптомно. Основним методом діагностики є рентгено- і ехокардіографія. Ультрасонографічно гіпертрофічна кардіоміопатія проявляється гіпертрофією лівого шлуночка, дилатацією лівого передсердя, шумом у серці. За умови рентгенологічного дослідження виявляли явища набряку легень та плевральних випотів. Лікування свійських котів включало комплекс лікувальних процедур на усунення симптомів серцевої недостатності, покращення роботи серця, зменшення набряків та лізису виявлених тромбів.

Перспективи подальших досліджень. У подальшому плануємо вивчити розвиток артеріальних тромбоемболій у котів на тлі ускладнення кардіоміопатії.

References

1. Atkins, C. E., Gallo, A. M., Kurzman, I. D., & Cowen, P. (1992). Risk factors, clinical signs, and survival in cats with a clinical diagnosis of idiopathic hypertrophic cardiomyopathy: 74 cases (1985-1989). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 201 (4), 613–618.

2. Bright, J. M., Golden, A. L., Daniel, G. B. (1992). Feline hypertrophic cardiomyopathy: variations on a theme. *Journal of Small Animal Practice*, 32, 266–274.

3. Fuentes, V. L. (1992). Feline heart disease: an update. *Journal of Small Animal Practice*, 33, 130–137.

4. Kienle, R. D. (1998). Feline unclassified and restrictive cardiomyopathy. In: *Small Animal Cardiovascular Medicine*. Mosby: St Louis.

5. Lawler, D. F., Templeton, A. J., & Monti, K. L. (1993). Evidence for genetic involvement in feline dilated cardiomyopathy. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 7 (6), 383–387. doi: 10.1111/j.1939-1676.1993.tb01035.x

6. Van Vleet, J. F., Ferrans, V. J., & Weirich, W. E. (1980). Pathologic alterations in hypertrophic and congestive cardiomyopathy of cats. *American Journal of Veterinary Research*, 41 (12), 2037–2048.

7. Baty, C. J. (2004). Feline hypertrophic cardiomyopathy: an update. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 34 (5), 1227–1234. doi: 10.1016/j.cvsm.2004.06.005

8. Ferasin, L., Sturgess, C., Cannon, M., Caney, S., Gruffydd-Jones, T., & Wotton, P. (2003). Feline idiopathic cardiomyopathy: A retrospective study of 106 cats (1994–2001). *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 5 (3), 151–159. doi: 10.1016/S1098-612X(02)00133-X

9. Abbott, J. A. (2010). Feline hypertrophic cardiomyopathy: an update. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 40 (4), 685–700. doi: 10.1016/j.cvsm.2010.04.004. PMID: 20610019

10. Acierno, M. J., Brown, S., Coleman, A. E., Jepson, R. E., Papich, M., Stepien, R. L., & Syme, H. M. (2018). ACVIM consensus statement: Guidelines for the identification, evaluation, and management of systemic hypertension in dogs and cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 32 (6), 1803–1822. doi: 10.1111/jvim.15331

11. Fries, R. C., Kadotani, S., Stack, J. P., Kruckman, L., & Wallace, G. (2022). Prognostic Value of Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio in Cats With Hypertrophic Cardiomyopathy. *Frontiers in Veterinary Science*, 9. doi: 10.3389/fvets.2022.813524

12. Fries, R. C., Kadotani, S., Keating, S., & Stack, J. P. (2021). Cardiac extracellular volume fraction in cats with preclinical hypertrophic cardiomyopathy. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 35 (2), 812–822. doi: 10.1111/jvim.16067

13. Van Hoek, I. M., Laxalde, J., Connolly, D. J., Rush, J. E., & Freeman, L. M. (2020). Echocardiographic, morphometric and biomarker changes in female cats followed from 6 to 24 months of life. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 23 (4), 278–286. doi: 10.1177/1098612x20943684

14.Wilson, J. M., Villareal, R. P., Hariharan, R., Massumi, A., Muthupillai, R., & Flamm, S. D. (2002). Magnetic resonance imaging of myocardial fibrosis in hypertrophic cardiomyopathy. *Texas Heart Institute journal*, 29 (3), 176–180.

15. Bonagura, J. D. (1994). Feline restrictive cardiomyopathy. In: *Proceedings of 12 th ACVIM forum, San Francisco*, CA, (pp. 205–208).

16. Lu, T., Côté, E., Kuo, Y., Wu, H., Wang, W., & Hung, Y. (2021). Point-of-care N-terminal pro B-type natriuretic peptide assay to screen apparently healthy cats for cardiac disease in general practice. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 35 (4), 1663–1672. doi: 10.1111/jvim.16156

17. Bach, M. B. T., Grevsen, J. R., Kiely, M. A. B., Willesen, J. L., & Koch, J. (2021). Detection of congestive heart failure by mitral annular displacement in cats with hypertrophic cardiomyopathy – concordance between tissue Doppler imaging–derived tissue tracking and M-mode. *Journal of Veterinary Cardiology*, 36, 153–168. doi: 10.1016/j.jvc.2021.06.003

18. Spalla, I., Boswood, A., Connolly, D. J., & Luis Fuentes, V. (2019). Speckle tracking echocardiography in cats with preclinical hypertrophic cardiomyopathy. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33 (3), 1232–1241. doi: 10.1111/jvim.15495

19. Loughran, K. (2021). Focused Cardiac Ultrasonography in Cats. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 51 (6), 1183–1202. doi: 10.1016/j.cvsm.2021.07.002

20. Kochie, S. L., Schober, K. E., Rhinehart, J., Winter, R. L., Bonagura, J. D., Showers, A., & Yildez, V. (2020). Effects of pimobendan on left atrial transport function in cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 35 (1), 10–21. doi: 10.1111/jvim.15976

Стаття надійшла до редакції: 11.05.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Тішкіна Н. М., Сапронова В. О., Римський В. В. Клінічні випадки гіпертрофічної кардіоміопатії у котів. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 263–268.

© Тішкіна Наталія Миколаївна, Сапронова Валентина Олексіївна, Римський Владислав Вікторович, 2022

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Technical sciences

BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY

ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)

https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 62-1/-9 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.32**

RESEARCH ON THE EFFICIENCY OF FLEXIBLE PROTECTION OF OBJECTS FROM MECHANICAL DAMAGE

O. Kostenko[1] ORCID 0000-0001-5997-342X
M. Shpylka[1]* ORCID 0000-0002-1425-6715
T. Lapenko[1] ORCID 0000-0001-8055-6698
V. Dudnyk[1] ORCID 0000-0002-6553-2951
O. Drozhchana[1] ORCID 0000-0001-8214-2624
A. Klymenko[2] ORCID 0000-0003-4035-9280
A. Shpylka[2] ORCID 0000-0002-6282-1336

[1] Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine
[2] LLC «Politon-Ukraine», 22, Pushkin Str., 3600, Poltava, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: mykola.shpylka@gmail.com

How to Cite

Kostenko, O., Shpylka, M., Lapenko, T., Dudnyk, V., Drozhchana, O., Klymenko, A., & Shpylka, A. (2022). Research of the efficiency of flexible protection of objects from mechanical damage. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 269–276. doi: 10.31210/visnyk2022.02.32

In modern conditions of intensive development of technological transport, means of protection against mechanical damage are important to ensure safe conditions for people, equipment and building elements. The paper substantiates the need to use protection in the form of fences to save the lives and health of personnel, industrial equipment and building structures. Traditionally, such fences were made mainly of steel or concrete. However, flexible protection made of polymeric materials has recently become widespread. The peculiarity of such fences is that they are almost entirely made of elastic polymeric materials. This allows you to stretch the distribution of energy absorption over time and thus significantly reduce the impact force compared to "traditional" steel and concrete protections under equal conditions. In contrast to traditional metal protection, the reduction of impact force in the case of flexible protection allows you to: avoid tearing anchors out of the concrete floor; avoid damage to the impact object (cargo, vehicles, etc.); maintain a presentable type of protection during operation; significantly reduce the force of inertia that affects drivers when being injured. The purpose of this work is to determine the effectiveness of such protection. To achieve this goal, the analysis of the data from literature sources are analysed, the types of protection and its functional purpose are considered and experimental studies are conducted. The research was done at Politon-Ukraine LLC, which is the only manufacturer of flexible protection in Ukraine. The experiment was performed by the method of crash test on the impact stand with the subsequent application of the visual method of damage assessment and direct measurement of absolute linear values of deformations of structures. Tables have been created and graphs of the dependence of the mass and velocity of the object hitting the fence under the maximum impact force allowed for the structures under investigation have been constructed. The research has fully confirmed the effectiveness of the use of flexible protection of work areas and production facilities. They have good strength values and high flexibility (in collisions the protection is not damaged but only absorbs the impact, there is no residual deformation under the standard force of impact).

Key words: *flexible protection, stopper, safeguards, residual deformation, crash test.*

RESEARCH ON THE EFFICIENCY OF FLEXIBLE PROTECTION OF OBJECTS FROM MECHANICAL DAMAGE

***О. М. Костенко*[1], *М. М. Шпилька*[1], *Т. Г. Лапенко*[1], *В. В. Дудник*[1], *О. У. Дрожчана*[1], *А. В. Клименко*[2], *А. М. Шпилька*[2]**

[1] Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

[2] ТОВ «Політон-Україна», м. Полтава, Україна

У сучасних умовах інтенсивного розвитку технологічного транспорту важливого значення для забезпечення безпечних умов для людей, обладнання та елементів будівель набувають засоби захисту від механічних пошкоджень. У роботі обґрунтована необхідність застосування захисту у вигляді загорож для збереження життя і здоров'я персоналу, промислового обладнання та будівельних конструкцій. Традиційно такі загорожі виготовлялися здебільшого зі сталі або бетону. Проте останнім часом набув поширення гнучкий захист із полімерних матеріалів. На відміну від традиційного металевого захисту зниження сили удару у разі застосування гнучкого захисту дозволяє: уникнути виривання анкерів із бетонного покриття; уникнути пошкоджень ударного об'єкта (кари, вантажу, автотранспорту тощо); зберегти презентабельний вид захисту під час експлуатації; суттєво знизити силу інерції, що впливає на водіїв транспортних засобів при ударах. Мета роботи – визначити ефективність такого захисту. Для досягнення мети проведено аналіз даних літературних джерел, розглянуто види захисту, його функціональне призначення, проведені експериментальні дослідження. Дослідження проводили на ТОВ «Політон-Україна», який є єдиним виробником гнучкого захисту в Україні. Експеримент проводили методом краш-тесту на ударному стенді з подальшим застосуванням візуального методу оцінки пошкоджень та безпосереднього вимірювання абсолютних лінійних величин деформацій конструкцій. Створені таблиці та побудовані графіки залежності маси та швидкості об'єкта, що ударяє по загородженню в умовах максимально допустимої для досліджуваних конструкцій сили удару. В результаті проведених досліджень повністю підтверджена ефективність використання гнучкого захисту робочих зон і об'єктів виробництва. Вони мають хороші показники міцності, високі показники гнучкості (при зіткненнях захист не пошкоджується, а лише поглинає удар, відсутні залишкові деформації при нормативній силі удару).

Ключові слова: *гнучкий захист, стопер, захисні загорожі, залишкова деформація, краш-тест.*

Вступ

Функція захисних огороджень як технічних засобів полягає у запобіганні потраплянню частин тіла працівника до небезпечної зони, захисту робочої зони, уникненню пошкоджень технологічним транспортом обладнання або будівельних конструкцій [1–10]. Огородження мають бути надійними та мати можливість багаторазового використання в разі настання аварійних ситуацій.

Усі технічні засоби, що забезпечують безпечні умови праці та збереження обладнання на виробництві, поділяються на суб'єктивні та об'єктивні [8–19]. До суб'єктивних належать таблички, сигнальні пристрої та застережні написи [8, 9]. Об'єктивні засоби – це захисні та блокувальні пристрої, ізоляція, герметизація, заземлення, а також захисні огородження [10].

Найбільш дієвими є об'єктивні засоби, зокрема захисні огородження.

Залежно від призначення огородження виготовляють із металу, металевої сітки, пластмаси, а в деяких випадках – зі спеціальних матеріалів (наприклад, для захисту від радіоактивного випромінювання).

Усі огородження поділяються на стаціонарні і переносні. Своєю чергою стаціонарні бувають відкидними і знімними. Стаціонарні огородження облаштовують як елемент устаткування. Відкидними огородженнями закривають рухомі елементи машин і механізмів, до яких часто потрібен вільний доступ. До них належать кожухи, футляри, дверцята. Знімними огородженнями закривають приводні та передавальні механізми, які не потребують частого доступу для налагодження або огляду. Переносні огородження використовують під час ремонтних і налагоджувальних робіт. Вони перешкоджають працівникам випадково доторкнутися до рухомих механізмів та струмопровідних частин [18, 19].

На кожному великому виробництві робочі процеси неможливі без транспортних засобів. Для забезпечення нормального режиму роботи об'єкту всі переміщення повинні виконуватися з

достатньою швидкістю. Через це існує ризик пошкодження техніки та обладнання на складі або в цеху підприємства, заїзд транспорту в пішохідну зону і травмування людей. Огорожі для стелажів і стін, для обладнання, для пішохідних і робочих зон у такому разі є важливою необхідністю. Адже набагато дешевше і практичніше придбати, наприклад, захист колон або бампери транспорту, ніж замінювати дорогу техніку та обладнання через короткий час використання. А найважливіше – це захист людей від травмування.

Сучасні рішення для захисту об'єктів у різних сферах діяльності полягають у використанні для виготовлення огороджень (стоперів) високоміцних полімерів. Особливістю таких стоперів є те, що вони практично повністю виготовлені з пружних полімерних матеріалів. Це дає змогу розтягнути розподіл поглинання енергії у часі і тим самим істотно знизити силу удару порівняно з «традиційними» сталевими та бетонними захистами при рівних умовах. Як відомо, пружна складова деформації сталевих загороджувальних конструкцій настільки мала, що нею можна знехтувати. У разі застосування сталевого захисту відсутність залишкових деформацій можливе лише у разі слабкого удару. Якщо удар середній або сильний, то виникають великі пластичні деформації.

Це видно на фото (рис. 1), де можна помітити вм'ятини на поперечині з прямокутної профільної труби і аркоподібні вигини п'ят опор сталевого захисту.

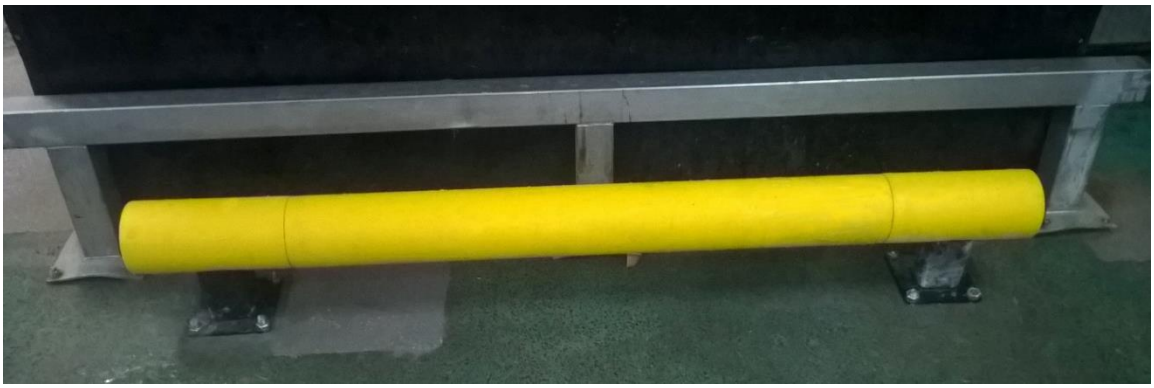


Рис. 1. Гнучкий захист ВН140 виробництва ТОВ «Політон-Україна» на тлі частково пошкодженого металевого захисту після однакового удару

Джерело: зображення авторів.

Також поширеною проблемою є виривання анкерів з бетонного покриття, оскільки через жорсткість сталевих конструкцій істотна частка енергії удару припадає саме на них.

На відміну від традиційного металевого захисту зниження сили удару у разі застосування гнучкого захисту дозволяє:

- уникнути виривання анкерів із бетонного покриття;
- уникнути пошкоджень ударного об'єкта (кари, вантажу, автотранспорту тощо);
- зберегти презентабельний вид захисту під час експлуатації;
- суттєво знизити силу інерції, що впливає на водіїв транспортних засобів при ударах.

Матеріали і методи досліджень

Експериментальні дослідження ефективності захисних конструкцій проводились методом краш-тесту на ударному стенді ТОВ «Політон-Україна» [20]. Застосовувався метод випробування з використанням маятника [10] з подальшим застосуванням візуального методу оцінки пошкоджень, методу безпосереднього вимірювання абсолютних лінійних величин деформацій конструкції.

Не зважаючи на сучасні досягнення програмного моделювання різних фізичних процесів, краш-тести як і раніше є актуальними і застосовуються навіть на передових виробництвах у різних галузях (автомобілебудування, авіакосмічної промисловості і т.д.). Випробування на ударному стенді дає змогу отримувати набагато більш інформативні результати порівняно з іншими способами тестування. Стенд (рис. 2) дає можливість задавати величину сили і місце удару, що дозволяє більш точно оцінити ефективність конструкції кожного виробу.

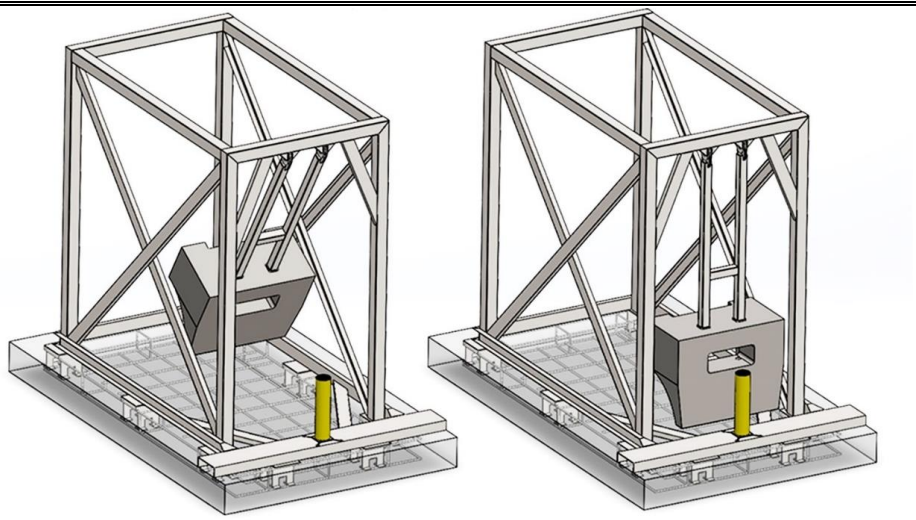


Рис. 2 Випробування стопера BV140 на стенді
Джерело: зображення авторів.

Алгоритм випробувань включає послідовність таких операцій:

1) Встановлення і фіксація досліджуваного виробу на стенді.

2) Відтягування ударної частини визначеної маси на визначену відстань від досліджуваного виробу (рис. 2). для отримання певної величини енергії удару:

$$E = mgh, \qquad (1)$$

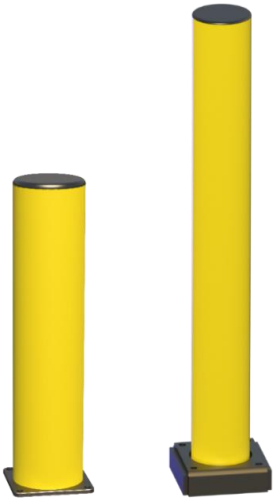
le E – кінетична енергія, що передаватиметься на досліджуваний виріб при ударі, Дж; m – маса вантажу, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с²; h – висота підйому вантажу під час його відтягування від досліджуваного виробу, м.

3) Відпускання виробу і здійснення удару по досліджуваному виробу.

4) Огляд виробу на предмет наявності пошкоджень та залишкових деформацій (у разі їх наявності виконується вимірювання відносного переміщення матеріалу.

Результати досліджень та їх обговорення

Були проведені дослідження найпростіших стоперів BV140 і BV125H з модельного ряду виробництва ТОВ «Політон-Україна». Вони застосовуються для точкового захисту і найчастіше використовуються для закривання зовнішніх кутів та дверних косяків. Модель BV125H має підсилену конструкцію і використовується в місцях найбільших потенційних навантажень.



а) б)

Рис. 3. Стопери: а) BV140, б) BV125H
Джерело: зображення авторів.

Випробування стопера BV140 на стенді показали, що цей виріб здатний поглинати до 600 Дж кінетичної енергії прямого удару без видимих залишкових деформацій. Обробка отриманих даних дала змогу створити таблицю співвідношення величин допустимих маси та швидкості об'єкта, що ударяє і побудувати графік їх взаємозалежності (табл. 1, рис. 4).

1. Співвідношення величин маси та швидкості ударного об'єкта при енергії удару 600 Дж

Маса m, кг	Енергія E, Дж	Швидкість V, м/сек	Швидкість V, км/год
13,5	600	3,464	12,471
300	600	2,000	7,200
500	600	1,549	5,577
700	600	1,309	4,714
900	600	1,155	4,157
1100	600	1,044	3,760
1300	600	0,961	3,459
1500	600	0,894	3,220
1700	600	0,840	3,025
1900	600	0,795	2,861
2100	600	0,756	2,721
2300	600	0,722	2,600
2500	600	0,693	2,494
2700	600	0,667	2,400
2900	600	0,643	2,316
3100	600	0,622	2,240
3300	600	0,603	2,171
3500	600	0,586	2,108
3700	600	0,569	2,050
3900	600	0,555	1,997
4100	600	0,541	1,948
4300	600	0,528	1,902
4500	600	0,516	1,859
4700	600	0,505	1,819
4900	600	0,495	1,782
5100	600	0,485	1,746
5300	600	0,476	1,713
5500	600	0,467	1,682
5700	600	0,459	1,652
5900	600	0,451	1,624
6100	600	0,444	1,597
6300	600	0,436	1,571
6500	600	0,430	1,547
6700	600	0,423	1,524
6900	600	0,417	1,501
7100	600	0,411	1,480
7300	600	0,405	1,460
7500	600	0,400	1,440
7700	600	0,395	1,421
7900	600	0,390	1,403
8100	600	0,385	1,386
8300	600	0,380	1,369
8500	600	0,376	1,353

Залежність швидкості від маси при енергії удару 600 Дж.

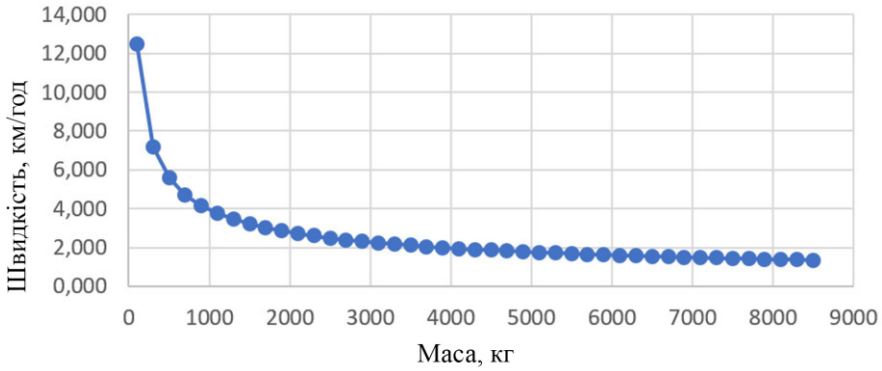


Рис. 4. Критичні для BV140 величини мас та швидкостей об'єкта, що ударяється

Використовуючи цю таблицю, можна легко зорієнтуватись, які саме об'єкти і на якій швидкості можуть бити по стоперу в межах нормальних величин його експлуатаційних параметрів.

Для більш жорстких умов експлуатації розроблено посилений стопер BV125H. Досліди показали, що допустима прикладена до цього виробу величина енергії становить 1960 Дж. Результати випробувань цього стовпа наведені в табл. 2 та на рис. 5.

2. Співвідношення величин маси та швидкості ударного об'єкта при енергії удару 1960 Дж для BV125H

Маса, кг	Енергія Е, Дж	Швидкість, м/сек	Швидкість, км/год
100	1960	6,261	22,540
300	1960	3,615	13,013
500	1960	2,800	10,080
700	1960	2,366	8,519
900	1960	2,087	7,513
1100	1960	1,888	6,796
1300	1960	1,736	6,251
1500	1960	1,617	5,820
1700	1960	1,519	5,467
1900	1960	1,436	5,171
2100	1960	1,366	4,919
2300	1960	1,306	4,700
2500	1960	1,252	4,508
2700	1960	1,205	4,338
2900	1960	1,163	4,185
3100	1960	1,125	4,048
3300	1960	1,090	3,924
3500	1960	1,058	3,810
3700	1960	1,029	3,705
3900	1960	1,003	3,609
4100	1960	0,978	3,520
4300	1960	0,955	3,437
4500	1960	0,933	3,360
4700	1960	0,913	3,288
4900	1960	0,894	3,220
5100	1960	0,877	3,156
5300	1960	0,860	3,096

5500	1960	0,844	3,039
5700	1960	0,829	2,985
5900	1960	0,815	2,934
6100	1960	0,802	2,886
6300	1960	0,789	2,840
6500	1960	0,777	2,796
6700	1960	0,765	2,754
6900	1960	0,754	2,713
7100	1960	0,743	2,675
7300	1960	0,733	2,638
7500	1960	0,723	2,603
7700	1960	0,714	2,569
7900	1960	0,704	2,536
8100	1960	0,696	2,504
8300	1960	0,687	2,474
8500	1960	0,679	2,445

Залежність швидкості від маси при енергії удару 1960 Дж.

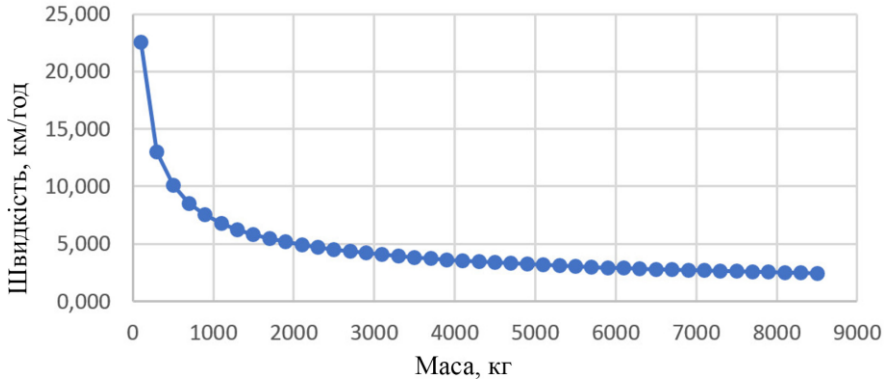


Рис. 5. Критичні для BV125H величини мас та швидкостей об'єкта, що ударяється

При багаторазовому повторюванні дослідів у рамках заявлених величин візуально спостерігались лише незначні подряпини, які впливають тільки на естетичний вигляд стоперів.

Варто зауважити, що навіть при перевищенні вказаних величин сили удару в 3–4 рази об'єкти, що захищалися гнучкими стоперами, залишалися не ушкодженими. Тільки в цьому випадку пошкоджені елементи стопера потребують заміни.

Крім вищезазначених переваг стопери з полімеру також не схильні до корозії, мають естетичний вигляд, яскравий сигнальний колір, легкі в монтажі та демонтажі.

Висновки

У результаті проведених досліджень повністю підтверджена ефективність використання гнучкого захисту робочих зон і об'єктів виробництва.

Досліджені стопери ефективно демпфують удари від зіткнення з рухомим об'єктом. Вони мають хороші показники міцності, високі показники гнучкості (при зіткненнях захист не пошкоджується, а лише поглинає удар, відсутні залишкові деформації при нормативній силі удару).

Поглинання удару захистом також запобігає зриву кріплень і пошкодженню підлоги. Тому такий тип захисту має кращі експлуатаційні характеристики за металевий.

Результати цього дослідження можна використовувати для більш точного підбору моделей гнучкого захисту з огляду на локальні ризики механічних пошкоджень об'єктів, які необхідно захистити.

References

1. ISO 12100:2010. Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction. Valid from 2010–11–01. (2010). Geneva.
2. ISO 13855:2010. Safety of machinery – Positioning of safeguards with respect to the approach speeds of parts of the human body. Valid from 2010–05–31. (2010). Geneva.
3. ISO 13857:2019. Safety of machinery – Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs. Valid from 2019–10–30. (2010). Geneva.
4. ISO 14119:2013 Safety of machinery – Interlocking devices associated with guards – Principles for design and selection. Valid from 2013–10–02. (2013). Geneva.
5. ISO 14159:2008. Safety of machinery – Hygiene requirements for design of machinery. Valid from 2008–04–03. (2008). Geneva.
6. EN 614-1:2006+A1:2009. Safety of Machinery – Ergonomic Design Principles – Part 1: Terminology and General Principles. Valid from 2009–02–11. (2009). Brussels.
7. EN 614-2:2000+A1:2008. Safety of machinery – Ergonomic design principles – Part 2: Interactions between the design of machinery and work tasks. Valid from 2008–09–24. (2008). Brussels.
8. ISO 11428:1996. Ergonomics – Visual danger signals – General requirements, design and testing. Valid from 1996–11–12. (1996). Geneva.
9. ISO 9241-305:2008. Ergonomics of human-system interaction. Valid from 2008–11–14. (2008). Geneva.
10. DSTU EN ISO 14120:2017 (ISO 14120:2015) Bezpechnist′ mashyn. Zakhysni ohorozhi. Zahal′ni vymohy do proektuvannya ta budivnytstva statsionarnykh i znimnykh zakhysnykh ohorozh. Chynnyi vid 2019–01–01. (2019). Kyiv [In Ukrainian].
11. Koradecka, Danuta. (2010). *Handbook of Occupational Safety and Health CRC Press. Engineering & Technology*. New York. doi: 10.1201/EBK1439806845
12. Resse, C. D. (2017). *Occupational Safety and Health: Fundamental Principles and Philosophies*. New York: CRC Press. doi: 10.1201/b21975-4
13. Fuller, T. P. (2019). Introduction to Global Occupational Safety and Health. *Global Occupational Safety and Health Management Handbook*, 1–17. doi:10.1201/9780429056475-1
14. Pedro, M., Jiao, S., Monica, P., Paula, C., & Kindle, E. (2019). *Occupational and Environmental Safety and Health Springe*. Berlin: Springer Nature.
15. Chambers, G. (2011). *Concise Guide to Workplace Safety and Health: What You Need to Know, You When Need It*. New York: CRC Press.
16. Cheremisinoff, N., & Graffia, M. *Environmental and Health and Safety Management: A Guide to Compliance*. New York: William Andrew.
17. Ridley, J., & Channing, J. (2007). *Safety at Work*. 7th Edition. Elsevier: Butterworth-Heinemann.
18. Holin′ko, V. I. (2014). *Osnovy okhorony pratsi*. Dnipropetrovs′k: Natsional′nyy hirnychyy universytet [In Ukrainian].
19. Vynokurova, L. E., Vasyl′chuk, M. V., & Haman, M. V. (2001). *Osnovy okhorony pratsi*. Kyyiv: Viktoriya [In Ukrainian].
20. Klymenko, A. V., Shpyl′ka, A. M., & Shpyl′ka, M. M. (2020). Stend udarnykh vyprobuvan′ dlya hnuchkoho zakhystu vyrobnytstva TOV «Politon-Ukrayina». *Materialy IV Vseukrayins'koyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi «Stvorennya, ekspluatatsiya i remont avtomobil'noho transportu i budivel'noyi tekhniky (m. Poltava, 26 lystopada 2020 roku)*. Poltava: Natsional′nyy universytet «Poltavs′ka politekhnika imeni Yuriya Kondratyuka» [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 11.04.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Костенко О. М., Шпилька М. М., Лапенко Т. Г., Дудник В. В., Дрожчана О. У., Клименко А. В., Шпилька А. М. Дослідження ефективності гнучкого захисту об’єктів від механічних пошкоджень. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 269–276.

©Костенко Олена Михайлівна, Шпилька Микола Миколайович, Лапенко Тарас Григорович, Дудник Володимир Васильович, Дрожчана Ольга Урешівна, Клименко Андрій Віталійович Шпилька Андрій Миколайович, 2022

Technical sciences
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 531.1:633.1:691.88 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.33**

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE ADEQUACY OF THE ANALYTICAL MODEL OF GRAVITATIONAL GRAIN MOVEMENT IN A SCREW CHANNEL WITH TWO VARIABLE ANGLES

A. Antonets* ORCID 0000-0002-2332-6711
L. Flegantov ORCID 0000-0002-4689-1457
V. Arendarenko ORCID 0000-0003-0701-7983
O. Ivanov ORCID 0000-0002-1761-9913
T. Yaprynets ORCID 0000-0002-5844-3520

Poltava State Agrarian University, 1/3, H. Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: anatoliyantonets1@gmail.com

How to Cite

Antonets, A., Flegantov, L., Arendarenko, V., Ivanov, O., & Yaprynets, T. (2022). Experimental verification of the adequacy of the analytical model of gravitational grain movement in a screw channel with two variable angles. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 277–286. doi: 10.31210/visnyk2022.02.33

The problem of injuring the grain during its loading into the silo remains relevant. One of the ways to solve it is to ensure controlled gravitational movement of grain in a spiral with acceleration and braking areas. The analytical model, which is suggested, makes it possible to determine the speed of grain flow at any time, both on the acceleration and the braking part of the screw channel. The model also takes into account the dependency between the angles α and β of the acceleration and braking areas. Based on the theoretical model, a technical description of the peripheral open screw channel (POSC) is proposed. The channel has acceleration and braking areas with discretely variable descent angles. A suitable laboratory sample for experimental research was built on this basis. The first stage of the research defined the nature of the change in the braking area angle β from the change in the acceleration area angle α. The influence of the initial grain height h_o and the radius r of the channel spiral on these dependencies is shown. In the second stage, the final speed of winter wheat with 14% moisture was investigated by varying the angles of the acceleration and braking areas and holding other parameters constant. The ratio that determines the relationship between the angles was maintained. Five parallel experiments were planned to obtain reliable data in each combination of variables with a significance level of 5 %. The statistical analysis included checking the homogeneity of variances of Cochran's experiments, checking the normal distribution of the residual series by the RS criterion, finding the relative error of residues and their statistical estimates and determining the multiple correlation coefficient. The analysis showed the adequacy and acceptable accuracy of the proposed analytical model. The difference between the obtained results does not exceed 10 %. The results of the experimental and theoretical studies made it possible to establish relationships between key parameters of POSC, in particular, the recommended angles of 41° ... 45° for acceleration and 39° ... 35° for braking areas, respectively, and a h/r ratio of at least 0.6 ... 0.7 are justified.

Key words: *model adequacy, grain injury, screw channel.*

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА АДЕКВАТНОСТІ АНАЛІТИЧНОЇ МОДЕЛІ ГРАВІТАЦІЙНОГО РУХУ ЗЕРНА У ГВИНТОВОМУ КАНАЛІ З ДВОМА ЗМІННИМИ КУТАМИ НАХИЛУ

А. В. Антонець, Л. О. Флегантов, В. М. Арендаренко, О. М. Іванов, Т. С. Япринець
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Проблема травмування зерна під час його завантаження у силос залишається актуальною. Одним зі шляхів її вирішення є забезпечення контрольованого гравітаційного руху зерна по спіралі з розгінною та гальмівною ділянкою. Запропонована аналітична модель дає змогу визначати швидкість руху потоку зерна в будь-який момент часу як по розгінній, так і по гальмівній частині гвинтового каналу. Модель також враховує залежність між кутами α і β нахилу розгінної та гальмівної ділянки. На основі теоретичної моделі запропоновано технічний опис периферійного відкритого гвинтового каналу (ПВГК). Канал має розгінну та гальмівну ділянки із дискретно змінними кутами спуску. На цій основі побудовано відповідний лабораторний зразок для експериментальних досліджень. На першому етапі досліджень визначали характер зміни величини кута β гальмівної ділянки від зміни кута α розгінної ділянки. Показано вплив на ці залежності початкової висоти h_o падіння зерна та радіуса r спіралі каналу. На другому етапі досліджували кінцеву швидкість озимої пшениці вологістю 14 % при зміні кутів нахилу розгінної та гальмівної ділянок та сталість інших параметрів. Співвідношення, що визначає залежність між кутами зберігалось. Для отримання достовірних даних у кожній комбінації змінних факторів з рівнем значущості 5 %, було заплановано проведення п'яти паралельних експериментів. Проведений статистичний аналіз включав перевірку на однорідність дисперсій дослідів за критерієм Кохрена, перевірку нормального розподілу залишкового ряду за RS критерієм, знаходження відносної похибки залишків та їх статистичних оцінок, визначення коефіцієнта множинної кореляції. Аналіз засвідчив адекватність та прийнятну точність запропонованої аналітичної моделі. Відмінність отриманих результатів не перевищує 10 %. Результати експериментальних та теоретичних досліджень дали змогу встановити взаємозв'язки між ключовими параметрами ПВГК, зокрема обґрунтовано значення рекомендованих кутів 41°...45° для розгінної та 39°...35° для гальмівної ділянок відповідно, а також відношення ho/r не менше 0.6...0.7.

***Ключові слова**: адекватність моделі, травмування зерна, гвинтовий канал*

Вступ

Важливою проблемою сучасного сільського господарства України є збільшення валового виробництва високоякісного зерна. Від його кількості і якості залежить продовольча безпека країни і сталий розвиток переробної і харчової промисловості [1].

Під час транспортування зерна до завантажувального отвору силосу і його гравітаційного падіння відбувається зіткнення зернівок зернового вантажу з робочими органами транспортерів, стінками та бетонним дном силосу і зерновим насипом, що утворюється у середині споруди [2–6]. У роботах [7–11] розглядається вплив технічних засобів механізації сільськогосподарського виробництва на ступінь ушкодження насіння різних культур.

Гравітаційне завантаження силосів супроводжується ударом зерна об дно, стіну або зерновий насип. Ударна взаємодія ушкодженого і неушкодженого зерна в середині силосу збільшує кількість травмованого зерна. Травмоване зерно менш стійке до зберігання і має більшу інтенсивність дихання. Швидке гравітаційне завантаження силосів зерном впливає на його деформацію і характер ушкодження по всьому об'єму [9].

Незважаючи на значну кількість наукових досліджень [12–16], присвячених питанням травмування зерна при його обробці, транспортуванні та завантаженні в силос, проблема досі залишається не до кінця вирішеною. Актуальними залишаються питання, пов'язані із розробкою пристрою для обережного завантаження силосів зерном. Для комплексного вирішення задачі обережного завантаження зерна у силоси доцільно розробити та дослідити роботу периферійного відкритого гвинтового каналу зі змінними кутами нахилу розгінної та гальмівної ділянок. Це також потребує розробки та апробації відповідної аналітичної моделі руху зерна по поверхні цього гвинтового каналу.

Метою роботи є експериментальна перевірка адекватності аналітичної моделі гравітаційного руху зерна у відкритому гвинтовому каналі із двома змінними кутами нахилу. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

– на основі раніше проведених теоретичних досліджень [4, 5, 17–21] представити технічний опис периферійного відкритого гвинтового каналу із різними кутами нахилу розгінної і гальмівної ділянок;

– отримати результати експериментальних досліджень та порівняти їх з розрахунковими теоретичними даними досліджуваної аналітичної моделі;

– провести статистичний аналіз теоретичних та експериментальних даних, який обґрунтує адекватність та прийнятну точність запропонованої моделі.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження швидкості руху зерна проводили для відкритого гвинтового каналу, що має розгінну та гальмівну ділянки із відповідними змінними кутами нахилу. Така модель ґрунтується на системі сил, діючих на елементарний об'єм зернового потоку у гвинтовому каналі, у циліндричній системі координат (рис. 1).

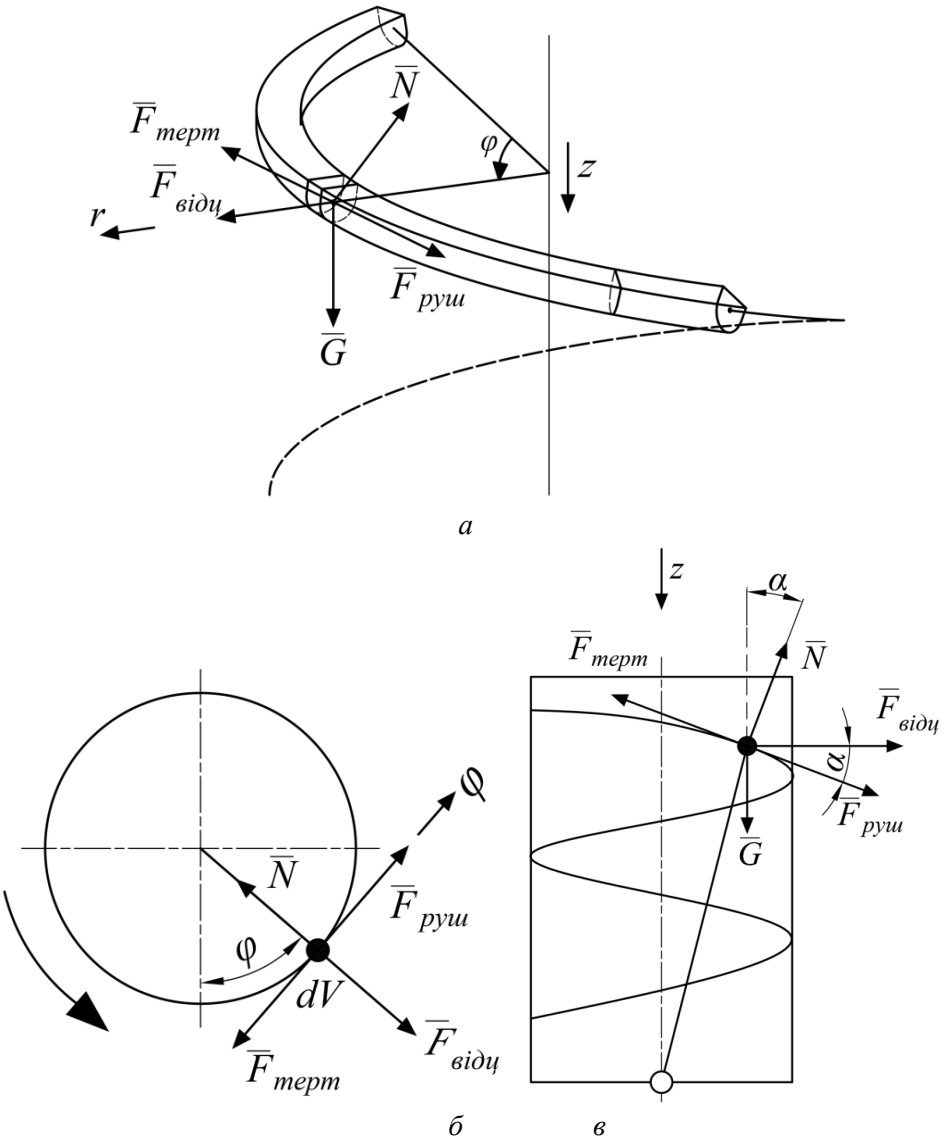


Рис. 1. Система сил, діючих на елементарний об'єм зернового потоку у гвинтовому каналі, у циліндричній системі координат:

а – у просторовому відображенні; б – у горизонтальному відображенні; в – у вертикальному відображенні

Гравітаційне переміщення зернової маси по гвинтовому каналу відбувається під впливом рушійної сили $\vec{F}_{руш} = m\vec{a}$, що визначається з балансу сил, діючих на окреслену рухому масу:

$$\vec{F}_{руш} = \sum \vec{F}_k \text{ або } m\vec{a} = \sum \vec{F}_k, \quad (1)$$

де $\sum \vec{F}_k$ – сума всіх сил, що діють на виокремлену масу зернового потоку у гвинтовому каналу.

Із врахуванням обертально-поступального характеру руху зерна у гвинтовому каналі баланс сил у векторній формі буде таким:

$$m\vec{a} = \vec{F}_{терт} + \vec{F}_{відц} + \vec{N} + \vec{G}, \quad (2)$$

де $\vec{F}_{терт}$ – сила тертя зернового потоку о поверхню гвинтового каналу; $\vec{F}_{відц}$ – відцентрова сила, що діє на зерновий потік при обертальному русі зернового потоку навколо центральної осі гвинтового каналу; $\vec{N}$ – сила нормальної реакції поверхні гвинтового каналу; $\vec{G}$ – сила гравітаційного тяжіння.

Здійснюючи проєктування усіх складників на відповідні напрямки циліндричної системи координат, баланс сил може бути представлений так:

$$\begin{cases} ma_r = F^r_{відц} - N^r, \\ ma_\varphi = -F^\varphi_{терт} + N^\varphi, \\ ma_z = -F^z_{терт} - N^z + G^z, \end{cases} \quad (3)$$

де a_r, a_φ, a_z – проєкції прискорення зернової маси m за радіальним, кутовим та висотним напрямком циліндричної системи координат; $F^r_{відц}$, N^r – проєкції відцентрової сили та нормальної сили реакції опори за радіальним напрямком; $F^\varphi_{терт}$, N^φ – проєкції сили тертя та нормальної сили реакції опори за кутовим напрямком; $F^z_{терт}$, N^z, G^z – проєкції сили третя, нормальної сили реакції опори та сили гравітаційного тяжіння за висотним напрямком.

Співвідношення, що визначає математичну залежність між кутами нахилу розгінної та гальмівної ділянки α і β, відповідно до умови $V_{поч}=V_{кін}=V_0$, наведені у попередніх дослідженнях [4, 17, 18]. Для його отримання було розв'язано систему рівнянь, що описує перетворення кінетичної та потенціальної енергії зернового потоку на розгінній та гальмівній ділянці циліндричної спіралі. Як результат отримано таку залежність:

$$\beta = 2arctg\,\mu\left(1 + \frac{2h_0}{r}\right) - \alpha. \quad (4)$$

Відповідно до проведених теоретичних досліджень [4, 5, 17, 18] руху зерна у відкритому гвинтовому каналі з різними кутами нахилу ділянок спуску остаточно отримано аналітичну модель швидкості руху зерна по гвинтовому каналу у вигляді системи рівнянь:

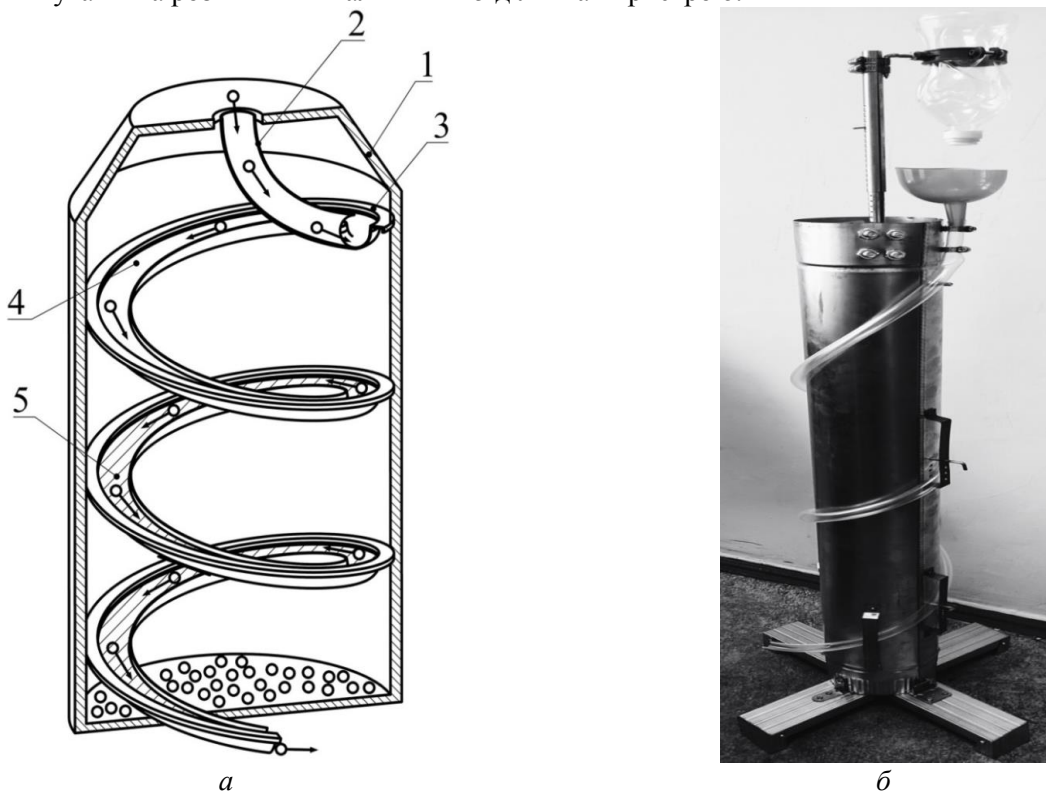
$$V = \begin{cases} \sqrt{2gh_0}, \ при\ t = 0, \\ \dfrac{r^2\varphi^p(t)\dfrac{d}{dt}\varphi^p(t) + z^p(t)\dfrac{d}{dt}z^p(t)}{2\sqrt{r^2\varphi^p(t)^2 + \left(z^p(t)\right)^2}}, \ при\ t \in \left(0; t_p\right], \\ \dfrac{r^2\varphi^p\left(t_p\right)\dfrac{d}{dt}\varphi^p\left(t_p\right) + z^p(t_p)\dfrac{d}{dt}z^p\left(t_p\right)}{2\sqrt{r^2\varphi^p\left(t_p\right)^2 + \left(z^p\left(t_p\right)\right)^2}} - \\ - \dfrac{r^2\varphi^\Gamma\left(t-t_p\right)\dfrac{d}{dt}\varphi^\Gamma\left(t-t_p\right) + z^\Gamma(t-t_p)\dfrac{d}{dt}z^\Gamma\left(t-t_p\right)}{2\sqrt{r^2\left(\varphi^\Gamma\left(t-t_p\right)\right)^2 + \left(z^\Gamma\left(t-t_p\right)\right)^2}}, \ при\ t \in \left(t_p; t_{max}\right), \\ \sqrt{2gh_0}, \ при\ t = t_{max}. \end{cases} \quad (5)$$

Наведена модель визначає швидкість руху зерна у будь-який момент часу як по розгінній, так і по гальмівній частині гвинтового каналу із дискретно змінними двома кутами нахилу спіралей.

Результати досліджень та їх обговорення

На основі вищенаведеної моделі для зменшення травмування зерна був запропонований периферійний відкритий гвинтовий завантажувальний пристрій (ПВГК) зі змінними кутами спуску. Завантажувальний пристрій складається із розгінної і гвинтової гальмівної ділянок, які встановлюються під різним кутом до горизонту. ПВГК кріпиться на внутрішній частині силосу з можливістю регулювання кутів спуску. По мірі заповнення силосу зерном засипається і відкритий гвинтовий канал.

Силос із ПВГК (рис. 2) складається із циліндричної ємності 1, завантажувального отвору 2, периферійного відкритого гвинтового каналу 3 з дискретно змінними кутами нахилу. Завантажувальний патрубок 2 спрямовує зерновий матеріал з верхньої частини силосу до ПВГК. Тіло гвинтового каналу 3 утворено шляхом провертання U- подібного профілю за гвинтовою лінією зі змінними кутами на розгінній 4 і гальмівній 5 ділянках пристрою.



а *б*

Рис. 2. Силос із периферійним відкритим гвинтовим каналом:
1 – циліндрична ємність; 2 – завантажувальний патрубок; 3 – периферійний відкритий гвинтовий канал; 4 – розгінна ділянка; 5 – гальмівна ділянка.

Головним показником, що визначає геометричну будову гвинтового каналу, є кількість витків розгінної та гальмівної ділянок. Початково задається кількість витків розгінної ділянки n_p. При рівності довжин каналів (l_P=$l_Г$) розрахунок кількості витків гальмівної ділянки проводиться за формулами (7) і (8):

$$l_p = n_p 2\pi r\sqrt{1+tg^2\alpha}, \tag{7}$$

$$n_Г = \frac{l_p}{2\pi r\sqrt{1+tg^2\beta}}. \tag{8}$$

Методика проведення експериментальних досліджень

На першому етапі експериментальних досліджень визначали характер зміни величин кутів α розгінної та β гальмівної ділянки та співвідношення початкової висоти h_o падіння зерна у гвинтовий канал до радіуса r цього каналу.

На другому етапі досліджували кінцеву швидкість зерна при сході з каналу. Дослідження здійснювали при зміні кута нахилу розгінної та гальмівної ділянок та фіксованих інших параметрах. Співвідношення, що визначає залежність між кутами, зберігалось. Для отримання достовірних даних у кожній комбінації змінних факторів з рівнем значущості 5% було заплановано проведення п'яти паралельних експериментів.

Результати експериментальних досліджень опрацьовували відповідно до стандартної методики: перевірка на однорідність дисперсій дослідів за критерієм Кохрена, перевірка нормального розподілу залишкового ряду за RS критерієм, знаходження відносної похибки залишків та їх статистичних оцінок, визначення коефіцієнта множинної кореляції, зіставлення результатів експериментальних та теоретичних досліджень за величиною відносних похибок між ними. Такі дослідження є підставою для оцінки точності та адекватності запропонованої аналітичної моделі.

Як зерновий матеріал було вибрано зерно пшениці озимої із середньою вологістю 14%.

Відстеження у часі переміщення зернового потоку (окремо виділених яскравою фарбою його частинок) по гвинтовому каналу при експериментальних дослідженнях здійснювали з використанням високочастотної відеотехніки.

Результати експериментальних досліджень та їх аналіз

Формування геометрії гвинтового каналу спочатку вимагає визначитися з кутами нахилу розгінної та гальмівної ділянок. Використовуючи залежність (4) між даними кутовими параметрами, була побудована поверхня відгуку (рис. 3), що ілюструє характер зміни кута нахилу гальмівної ділянки від кутового параметра ділянки розгону та співвідношення початкової висоти h_o падіння зерна у гвинтовий канал до радіуса r цього каналу.

З метою перевірки адекватності складеної моделі руху зернового потоку по гвинтовому каналу та визначення ступеня відповідності отриманих розрахунковим шляхом параметрів руху їх еквівалентним величинам у реальних умовах протікання гравітаційного руху зерна було здійснено низку експериментальних досліджень. Дослідження проводили на лабораторному зразку (рис 2, б) периферійного відкритого гвинтового каналу з різними кутами нахилу ділянок спуску.

Стосовно дискретності зміни факторів впливу, то для першого етапу досліджень було взято таке: висота гвинтового каналу – 2 м; співвідношення h_o/r вибиралось дискретно (0.7, 0.8, 0.9); кількість витків n_p=1; кут α змінювалась від 41° до 45° з кроком в 1°; коефіцієнт тертя зернового матеріалу при русі по металевому каналу приймався рівним μ = 0.3.

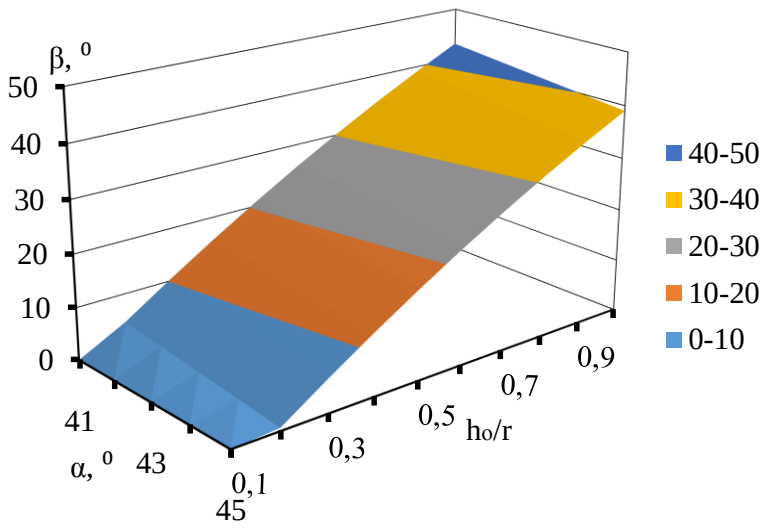


Рис. 3. Співвідношення кутів α розгінної та β гальмівної ділянки з урахуванням співвідношення ho/r

Для другого етапу програми досліджень фактори впливу набували таких же самих значень як і на першому етапі, при h_o=0.1 *м,* r=0.13 *м,* співвідношення h_o/r=0.77. Кут β при цьому обраховувався на підставі величини кута α за виразом (4). Правило п'ятикратного повторення експерименту для кожного варіанту значення кутів зберігалось для цього етапу. На цьому етапі досліджували кінцеву швидкість зерна при сході з каналу.

Результати експериментів з визначення поточної швидкості руху зерна в моменту його сходу з гвинтового каналу (h_o/r = 0.77)

Кут α	Кут β	Кінцева швидкість $V_{кін}$, м/с					Кінцева швидкість $V_{кін}$, середня	Дисперсія досліду D_i	Теоретична кінцева швидкість $V_{кін}$, м/с	Відносна похибка, δ, %
41	39	1,3	1,4	1,2	1,7	1,1	1,34	0,053	1,386707	3,368
42	38	1,3	1,6	1,3	1,7	1,3	1,44	0,038	1,414721	1,787
43	37	1,4	1,3	1,6	1,2	1,4	1,38	0,022	1,400714	1,479
44	36	1,3	1,6	1,4	1,6	1,5	1,48	0,017	1,414721	4,614
45	35	1,6	1,4	1,2	1,5	1,3	1,4	0,025	1,428728	2,011
Похибка експерименту								0,1761		
Максимальна дисперсія, D_{max}								0,053		
Сума дисперсій, ΣD								0,155		
Спостережне значення критерію Кохрена, G								0,34194		

2. Результати дослідження значень залишків експериментальних та теоретичних даних кінцевої швидкості руху зерна в момент сходу з каналу

Залишки $V_{кінц}$, м/с				
0,114721245	-0,013293037	0,186706963	-0,313293037	0,286706963
0,086706963	-0,213293037	0,086706963	-0,313293037	0,086706963
0,000714104	0,100714104	-0,199285896	0,200714104	0,000714104
0,114721245	-0,185278755	0,014721245	-0,185278755	-0,085278755
-0,171271614	0,028728386	0,228728	-0,071271614	0,128728386
Відносні похибки, %				
8,824711125	0,949502675	15,55891355	18,4290022	26,06426932
6,66976635	13,33081484	6,66976635	18,4290022	6,66976635
0,051007399	7,747238738	12,45536853	16,7261753	0,051007399
8,824711125	11,57992221	1,051517473	11,57992221	5,685250358
10,7044759	2,052027547	19,06069881	4,751440956	9,902183513
Середня відносна похибка, %			9,75	
Математичне сподівання			-0,004	
Дисперсія			0,028	
Довірчий інтервал			(-0,34; 0,33)	
Сума квадратів залишків			0,678329858	
RS критерій нормального розподілу			3,56 є (3,34;4,53)	

Кут нахилу гальмівної ділянки β повинен бути більшим від кута тертя зерна сільськогосподарської культури ξ [17], яке завантажується в силос. Ця умова забезпечує сталий рух зернового вантажу по поверхні каналу. Отже, вибір і співвідношення кутів нахилу розгінної та гальмівної ділянок ПВГК залежить від формули (4) та конкретного сорту зерна з відповідним кутом тертя ξ. Для більшості різновидів зерна сільськогосподарських культур кут тертя перебуває в межах від 15° до 25° залежно від фізико-механічних властивостей та рівня зволоженості зернової маси. Зважаючи на це, формуючі кути ключових ділянок ПВГК повинні бути більшими від указаного кутового діапазону, тобто для гальмівної ділянки слід дотримуватися наступної вимоги $\beta > \xi$. У найбільш невигідних умовах переміщення зернового потоку кут β приймає значення, що перевищує верхню межу діапазону варіації кута тертя, а саме – $\beta > 25°$. При цьому, зважаючи на взаємозалежність (4) між кутами гальмівної та розгінної ділянки ПВГК, кут α буде більшим від 41°.

З аналізу проілюстрованої залежності на рис. 3 встановлено, що головним чинником формування величини кута β є співвідношення між ключовими габаритними параметрами ПВГК – радіусом r каналу та висотою падіння зерна h_o. Беручи до уваги застосовані вище обмежувальні умови на значення кутів нахилу ділянок каналу, кут β потрібно формувати, відштовхуючись від значення співвідношення h_o/r рівних 0.6...0.7 та вище. У цьому випадку цей кут буде гарантовано перевищувати обмежувальну границю у 25°.

Експериментально було встановлено, що кут α не повинен перевищувати 45°, адже подальше його збільшення призводило до згруження зерна на початку гальмівної ділянки внаслідок швидкого гравітаційного зсуву зернового потоку по розгінному каналу. Ця теза також підтверджується теоретично, оскільки відповідно до (28) при куті нахилу $\alpha>45°$ кут $\beta<21°$, що є менше за нижню межу кута природного відкосу ξ для зерен пшениці.

Зі статистичної оцінки отриманих експериментальних даних (табл. 1) видно, що варіативність зміни швидкостей для кожного кута α є доволі невелика, а відхилення поточних значень від середнього показника не перевищує 10 %. При перевірці однорідності дисперсій досліджень було встановлено, що спостережне значення Кохрена G=0,34194 не перевищує його критичної величини $G_{табл.}$=0.6838, вибраного, виходячи з кількості дослідів, паралельних досліджень та прийнятих факторів впливу. Це свідчить про належний рівень якості і повторюваності проведеного експерименту.

Значення похибки експерименту та відносних похибок (<10 %) дослідних та теоретичних значень кінцевої швидкості зернового потоку при сході з гвинтового каналу засвідчують цілком допустимі межі відхилень для цього багатофакторного експерименту з наявною складністю його натурної реалізації.

Статистичний аналіз експериментальних даних та значень залишків кінцевої швидкості сходу зерна (табл. 1–2) вказує на достатній рівень та точність проведених досліджень. Згідно з RS критерієм значення залишкового ряду є нормально розподіленими для рівня значущості *0.05* та *n=25*.

Однорідність дисперсій досліджень, коефіцієнт множинної кореляції експериментальних та теоретичних даних кінцевої швидкості R= 0,993, середня відносна похибка залишків 9.75% та їх нормальний розподіл свідчать про адекватність розробленої моделі. Зіставлення теоретичних та експериментальних значень кінцевої швидкості руху зерна за величиною відносних похибок також вказує на допустимий рівень точності представленої теоретичної моделі.

Під час проведених експериментів було виявлено, що кінцева швидкість сходу зерна з каналу перебувала в межах від 1.1 м/с до 1.7 м/с при середніх розрахункових значеннях близько 1.41 м/с. Ця кінцева швидкість є близькою до початкової 1,4007 м/с, що свідчить про правильність співвідношень між кутами α і β, та достовірність аналітичної моделі (5).

Висновки

На основі аналітичної моделі запропоновано технічний опис периферійного відкритого гвинтового каналу та побудовано його лабораторний зразок. Обґрунтовано значення рекомендованих кутів 41°…45° для розгінної та 39°…35° для гальмівної ділянок відповідно, відношення *ho/r* повинно бути не менше 0.6...0.7.

Запропонований ПВГК не має громіздкої конструкції та за рахунок двох змінних кутів спіралей вирішує проблему контрольованого зменшення швидкості руху зерна для його завантаження у силоси без травмування.

Проведений комплекс досліджень дав змогу порівняти експериментальні результати швидкості руху озимої пшениці вологістю 14 % у ПВГК з розрахунковими теоретичними значеннями. Статистичний аналіз теоретичних та експериментальних даних засвідчив адекватність та прийнятну точність запропонованої аналітичної моделі, що дає можливість її застосування для подальших дослідницьких та виробничих цілей.

Перспективи подальших досліджень – вивчення доцільності розробки ПВГК з трьома різними кутами нахилу та дослідження потреби його виготовлення з різних матеріалів залежно від їх фрикційних властивостей.

References

1. Kong, E., Liu, D., Guo, X., Yang, W., Sun, J., Li, X., Zhan, K., Cui, D., Lin, J., & Zhang, A. (2013) Anatomical and chemical characteristic associated with lodging resistance in wheat. *The Crop Journal*, 1 (10), 43–45. doi: 10.1016/j.cj.2013.07.012

2. Komchenko, E. V., & Basyuk, S. P. (2003). The influence of the material of the walls of the bunker on the outflow of various bulk materials. *Energy Saving and Energy Saving Technologies in the Agroindustrial Complex*, 1, 145–149. 3. Goryushinsky, I. V., & Mosina, N. N. (2001). On the issue of assessing the process of loading containers with bulk materials. *Collection of Scientific Works of Students, Graduate Students and Young Scientists of Samiit*, 3, 83–84.

4. Arendarenko, V. M., Antonets, A. V., Savchenko, N. K., Samoylenko, T. V., & Ivanov, O. M. (2020). Rozrakhunkova model′ hravitatsiynoho rukhu zernovoho materialu v pokhylomu kanali z dyskretno zminnym kutom nakhylu. *Visnyk Poltavskoyi Derzhavnoyi Ahrarnoyi Akademiyi*, 4, 273–282. doi: 10.31210/visnyk2020.04.35 [In Ukrainian].

5. Samoylenko, T. V., Arendarenko, V. M., & Antonets, A. V. (2020). Kinematyka rukhu zerna za spiral′nym prystroyem zi zminenym kutovym spuskom. *Visnyk Poltavskoyi Derzhavnoyi Ahrarnoyi Akademiyi*, 1, 267-274. doi: 10.31210/visnyk2020.01.31 [In Ukrainian].

6. Samoylenko, T. V., Antonets, A. V. Arendarenko, V. M., & Melnyk, V. I. (2021). Modelyuvannya udarnoyi vzayemodiyi zerna z plaskoyu tverdoyu poverkhneyu. *Inzheneriya Pryrodokorystuvanny*, 1 (19), 63–68. doi.org/10.37700/enm.2021.1(19).63-68 [In Ukrainian].

7. Tarasenko, A. P., Orobinsky, V. I., Gievsky, A. M., Baskakov I. V., Chernyshov, A. V., & Kharitonov, M. K. (2019). Reducing grain trauma during post-harvest processing. *Don Agrarian Science Bulletin*, 1 (45), 63–68. [In Russian].

8. Derevyanko, D. A., Sukmanyuk, O. V., Sarana, V. V., & Derevyanko, O. D. (2020). Substantiation of influence of working bodies of combine harvesters on damage and quality of seeds. *Bulletin of Agricultural Science*, 2 (803), 64–71. doi: 10.31073/agrovisnyk202002-10 [In Ukrainian].

9. Omarov, A., Müller, P., Tomas, J. (2013) Influence of loading rate on the deformation and fracture behavior of wheat grains. *Chemie-Ingenieur-Technik*, 85 (6), 907–913 doi: 10.1002/cite.201200054

10. Frqczek, J., & Ślipek, Z. (1999) Fatigue strength of wheat grains. Part 1. The analysis of grain deformation at multiple loads. *International Agrophysics*, 13 (1), 93–97.

11. Sevidzh, S. (1985). Gravitacionnoe techenie nesvyazannyh granulirovannyh materialov v lotkah i kanalah. In: I. V. Shirko (Sostavitel/perevod). *Sbornik statej Mehanika granulirovannyh sred: Teoriya bystryh techenij*. (p. 86–146). Moskva: Mir [In Russian].

12. Negi, S. C., Lu Z., & Jofriet J. C. (1997). A Numerical Model for Flow of Granular Materials in Silos. *Model Validation School of Engineering*, 68 (3), 231–236. doi: 10.1006/jaer.1997.0197

13. Morozov, I. V., &Dudin, O. V. (2003). Model of grain trajectory on the surfaces of agricultural machines. *Bulletin of Kharkiv State Technical University of Agriculture "Mechanization of Agricultural Production"*, 21, 124–131. [In Ukrainian].

14. Gevko, B. M. (2012). Mathematical model of grain movement on moving surfaces of sowing machines. *Collection of Scientific Works of Vinnytsia National Agrarian University. Technical Sciences*, 11 (1), 113–118. [In Ukrainian].

15. Lezhenkin, O., Golovlev, V., Mikhailenko, O., & Rubtsov, M. (2019). Mathematical model of the motion of a combed heap particle cereals in an air stream. *Proceedings of the Tavriya State Agrotechnological University*, 19 (3), 14–21 [In Ukrainian].

16. Naumenko, M. M., Sokol, S. P., Filipenko, D. V., & Guridova, V. O. (2017). Mathematical model of grain mixture motion in a cylindrical sieve rotating around an axis. *Geotechnical Mechanics*, 133, 250–256. [In Ukrainian].

17. Arendarenko, V., Antonets, A., Ivanov, O., Dudnikov, I.. & Samoylenko, T. (2021). Building an analytical model of the gravitational grain movement in an open screw channel with variable inclination angles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(7 (111)), 100–112. doi: 10.15587/1729-4061.2021.235451

18. Flehantov, L. O., & Antonets, A. V. (2017). Kompyuterne modelyuvannya mekhanichnoho rukhu tila zasobamy MATHCAD. *Informatsiyni Tekhnolohiyi v Osviti*, 30, 97–109. doi: 10.14308/ite000622 [In Ukrainian].

19. Antonets, A. V., Arendarenko, V. M., & Savchenko, N. K. (2021). Optymal′ne spivvidnoshennya kutiv nakhylu pry rusi zerna u pokhylomu kanali. *Zbirnyk naukovykh prats' naukovo-praktychnoyi konferentsiyi profesors'ko-vykladats'koho skladu Poltavs'koyi derzhavnoyi ahrarnoyi akademiyi*. Poltava. [In Ukrainian].

20. Samoylenko, T. V., Arendarenko, V. M., Antonets, A. V., & Koshova, O. P. (2021). Pro udarnu vzayemodiyu padayuchoho zerna pshenytsi na zhorstku betonnu osnovu sylosu. *Visnyk Poltavskoyi Derzhavnoyi Ahrarnoyi Akademiyi*, 2, 259-265. doi: 10.31210/visnyk2021.02.34 [In Ukrainian].

21. Flehantov, L. O., Ovsiienko, Y. I., Antonets, A. V., & Soloviev, V. N. (2022) Using Dynamic Vector Diagrams to Study Mechanical Motion Models at Agrarian University with GeoGebra *In Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology*, 1, AET, 336–353. doi: 10.5220/0000155000003364

Стаття надійшла до редакції: 15.04.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Антонець А. В., Флегантов Л. О., Арендаренко В. М., Іванов О. М., Япринець Т. С. Експериментальна перевірка адекватності аналітичної моделі гравітаційного руху зерна у гвинтовому каналі з двома змінними кутами нахилу. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 277–286.

© Антонець Анатолій Вікторович, Флегантов Леонід Олексійович, Арендаренко Володимир Миколайович, Іванов Олег Миколайович, Япринець Тетяна Сергіївна, 2022

Technical sciences
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

review article | UDC 637.5.03:001.82 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.34**

THE POSSIBILITY OF USING EXISTING METHODS FOR DRYING ROAST MEAT

V. Skrypnyk ORCID 0000-0001-8883-7398
B. Ponomarenko* ORCID 0000-0002-4047-1881

Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: flysoul55@gmail.com

How to Cite

Skrypnyk, V., & Ponomarenko, B. (2022). The possibility of applying of existing methods for the fried meat drying process. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 287–295. doi: 10.31210/visnyk2022.02.34

Technology related to the food industry is constantly improving and becoming more efficient. Consumers today choose high quality food products with a long shelf life. In Ukraine, where during the war with russia there is an acute issue of food supply in the areas of combat operations as well as in areas where efforts are being made to overcome a humanitarian disaster, food products of long-term storage are in high demand. One way of meeting the nutritional needs of such conditions is to provide tinned and dried foodstuffs and, above all, meat products that have a long shelf life and do not require special conditions for such storage. The production of these food products under wartime conditions requires minimal loss of raw materials, energy consumption and production time. In the food industry, the drying process is used to preserve raw materials, including meat, to extend their shelf life. The meat drying process is accompanied by the removal of moisture from the material into its surface layers and its subsequent removal in the form of liquid or vapour by the drying agent. Dried products, including dried fried meat, can be useful for military personnel on the front line, internally displaced persons, journalists, etc. To date, there is a lack of information on how to dry fried meat. The relevance of this issue is that meat is in considerable demand among consumers. The article aims to summarise and systematise the current understanding of the methods of drying food raw materials, the existing equipment for their implementation and to find a possible development of the drying process of fried meat. The article compares the efficiency of the drying methods with the possibility to use them for drying fried meat. It has been found that fried meat can be obtained by convection, sublimation, conduction and natural methods. The conductive method has limited use for drying food raw materials, but can be effective for drying fried meat due to its high heat transfer index, short drying process duration and low specific energy consumption.

***Key words**: drying, drying process duration, energy consumption, conductive, convective, sublimation, radiation, combined, high frequency, fried meet.*

МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ НАЯВНИХ СПОСОБІВ ДЛЯ СУШІННЯ ЖАРЕНОГО М'ЯСА

В. О. Скрипник, Б. Г. Пономаренко
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Технології, пов'язані із харчовою промисловістю, постійно вдосконалюються і стають ефективнішими. Споживачі сьогодення обирають харчову продукцію високої якості зі значним терміном придатності до споживання. В Україні, де під час війни з росією гостро стоїть питання щодо забезпечення продуктами харчування районів проведення бойових дій, а також місцевостей, у яких докладають зусилля для подолання гуманітарної катастрофи, харчова продукція тривалого

зберігання є затребуваною. Одним зі шляхів забезпечення потреби в харчуванні в таких умовах є постачання консервованих і сушених харчових продуктів і, насамперед, м'ясних, які мають тривалий термін зберігання і не потребують особливих умов зберігання. Виробництво таких харчових продуктів в умовах воєнного часу потребує мінімальних втрат сировини, витрат енергії та тривалості виготовлення. У харчовій промисловості процес сушіння використовується для консервування сировини, зокрема м'яса, що забезпечує подовження термінів їхньої придатності. Процес сушіння м'яса супроводжується виведенням вологи з матеріалу у його поверхневі шари з подальшим її відводом у вигляді рідини або пари сушильним агентом. Сушена продукція, зокрема сушене смажене м'ясо, може стати в нагоді для військових, що знаходяться на передовій, внутрішньо-переміщених осіб, журналістів тощо. На сьогодні відсутня інформація щодо способів сушіння смаженого м'яса. Актуальність цього питання полягає в тому, що м'ясо користується значним попитом серед споживачів. Метою статті є узагальнення та систематизація сучасних уявлень щодо способів сушіння харчової сировини, наявного обладнання для їх реалізації та пошук можливої розробки процесу сушіння смаженого м'яса. У статті проведено порівняння ефективності способів сушіння із можливістю їх застосування для сушіння смаженого м'яса. Встановлено, що сушене смажене м'ясо можна отримати конвективним, сублімаційним, кондуктивним та природнім способами. Кондуктивний спосіб має обмежене використання для сушіння харчової сировини, але при цьому може стати ефективним для сушіння смаженого м'яса за рахунок високого показника теплопередачі, короткої тривалості процесу сушіння і низьких питомих витрат енергії.

Ключові слова: *сушіння, конвективний, кондуктивний, сублімаційний, радіаційний, комбінований, НВЧ, ЗТП, смажене м'ясо.*

Під час війни із фашистською росією перед нашою державою постає проблема забезпечення громадян України усім необхідним, зокрема продуктами харчування. У певних місцевостях відсутня електроенергія, засоби зберігання харчових продуктів. У цьому випадку сушена продукція, а особливо сушене смажене м'ясо може стати в нагоді, оскільки, маючи високу харчову цінність і значно меншу вагу, вона займає менше місця під час транспортування та переносу і може стати частиною раціону українських військових, рятувальників, поліцейських, журналістів у відрядженнях, водіїв далекобійників, біженців, внутрішньо-переміщених осіб тощо.

Сушіння – процес виведення вологи із матеріалу через її випаровування і відведення утвореної пари [1–10]. У харчовій промисловості процес сушіння використовується для консервування сировини, що забезпечує подовження терміну придатності до вживання продуктів харчування. Цього досягають завдяки припиненню біохімічних процесів, що відбуваються в сировині. Сушінню піддається харчова сировина в гранульованому стані, пастоподібному стані, суспензії та розчині. Вибір способу сушіння та обладнання залежить від особливостей висушуваної сировини, таких як термостійкість, здатність до втрати товарного вигляду, неоднорідність матеріалу за вмістом води, схильність до окислення, наявність біохімічних активних речовин [1, 5, 9–15]. Процес сушіння може відбуватися природним або штучним шляхом.

Природне сушіння відбувається на відкритому повітрі. Сировину можна висушити до вологості навколишнього середовища, чого буде недостатньо для подальшого її зберігання. Тривалість природного сушіння набагато довше, ніж штучного [4].

Штучне сушіння широко використовується у харчовій промисловості на великих, середніх, малих харчових підприємствах та в домашніх умовах [2–8].

Способам сушіння присвячені роботи багатьох науковців. Зокрема, ці питання розглядали Красніков В. В., Ликов А. В., Гінзбург А. С., Лєбедєв П. Д., Міхайлов Ю. А., Бражніко А. М., Погожих М. І., Пак А. О., Бурдо О. Г [2, 7, 9, 14, 15, 21, 26, 30] та ін.

За способом підведення теплоти до висушуваної сировини розрізняють:

- конвективний спосіб, під час якого сушильний агент контактує із висушуваною сировиною в замкненому просторі [4–10, 13–16];
- сублімаційний спосіб, під час якого із замороженої сировини видаляється волога у вигляді льоду, минаючи рідкий стан, переходить у пару [1–9, 17];
- радіаційний спосіб, під час якого тепло, необхідне для виведення рідини і нагрівання висушуваної сировини, передається променевою енергією [4, 5, 9, 11–13];

- НВЧ спосіб, під час якого на висушувану сировину діє електромагнітне поле надвисоких частот [15, 17–20];
- комбінований спосіб, під час якого використовують одночасно декілька способів підведення теплоти, що дають змогу використовувати переваги кожного із традиційних способів сушіння [2–5, 21–25];
- спосіб сушіння змішаним теплопідводом, під час якого висушувана сировина розміщується у функціональній ємності, де і реалізується процес її зневоднення [26, 27];
- кондуктивний спосіб, під час якого тепло до висушуваної сировини передається від нагрітої металічної пластини [28–31].

Конвективний спосіб сушіння – процес, під час якого сушильний агент передає матеріалу теплоту, під дією якої із матеріалу видаляється волога у вигляді пари, яка виводиться у довкілля. Переважно сушильним агентом може бути повітря, гази, перегріта пара. Сушильний агент є теплоносієм і вологопоглиначем [4, 5]. У процесі конвективного сушіння важливу роль відіграє тепло і масообмін між сушильним агентом і висушуваною сировиною. У промислових масштабах виконується сушіння овочів, фруктів, плодово-ягідної сировини, риби, м'ясної сировини, грибів. Конвективний спосіб сушіння є досить поширеним в Україні, а сушильне обладнання вітчизняних та закордонних виробників пропонують придбати для промислових та побутових цілей [13, 14–16]. Основні показники конвективних сушарок наведені в таблиці 1.

1. Показники конвективних сушарок

Конструкція сушарок	Питома витрата енергії, МДж / кг	Спосіб організації процесу	Висушувана сировина	Джерело
Камерні	до 8,0	періодичної дії	зерно, сухарі, фрукти, овочі	[1, 2, 4, 7]
Барабані	5…12,5	безперервної дії	зерно, цукор, горіхи, насіння	[2, 4, 7]
Тунельні	5,0…6,0	безперервної дії	сухарі, овочі, фрукти, макаронні вироби	[4, 9, 14]
Стрічкові	5,5	безперервної дії	овочі, макаронні вироби, чай	[2, 4]
Розпилювальні	9,0…12,5	безперервної дії	кава, молоко, молочні продукти	[7, 9, 16]
Киплячого шару	до 8,0	безперервної дії	овочі, казеїн, горіхи, бобові та зернові культури	[7 ,9, 14]

Найпоширенішими є камерні сушарки, у яких сушильний агент нагрівається у калорифері до максимально допустимої температури, рухається вздовж сушильної камери і контактує із висушуваною сировиною [4–8]. Основним вузлом такої сушарки є прямокутна камера, всередину якої розміщується висушувана сировина. Сушильний агент нагрівається калорифером та нагнітається вентилятором, після чого сушильний агент контактує із висушуваною сировиною. Є сушаркою періодичної дії, сушіння виконується в основному чистим нагрітим повітрям або сумішшю газів із повітрям. Такі сушарки використовують для сушіння зерна, овочів, сухарів, або кукурудзи. Мають низьку продуктивність і нерівномірно висушують сировину. Сушарки бувають двокамерні, коридорного типу та шафового типу [2].

Барабанні сушарки використовуються для сушіння цукру, зерна, горіхів. Сушіння в них проходить під атмосферним тиском. Сушильним агентом загалом є повітря. Основним вузлом такої сушарки є циліндричний барабан із внутрішньою насадкою для пересипання та перемішування сировини для покращення контакту сировини із сушильним агентом. Барабан встановлюють горизонтально або під нахилом 0,3°…0,5°. Сушіння проходить всередині барабану завдяки контакту сушильного агента із сировиною. Барабанні сушарки досить ефективні, в них виконується безперервне сушіння харчової сировини [1–5].

Стрічкові сушарки використовуються для сушіння макаронних виробів, фруктів, овочів, сухарів. Використовуються як сушарки безперервної дії. Стрічкові сушарки представляють стрічковий конвеєр, по якому рухається висушувана сировина вздовж сушильної камери, після чого сировина пересипається

на інший конвеєр, який розташований нижче. Таких конвеєрів може бути до 5 штук один під одним. З нижнього конвеєра через розвантажувальний бункер виходить готова продукція. Пересипання висушуваної сировини з верхнього конвеєра на нижній сприяє перемішуванню висушуваної сировини, завдяки чому покращується якість сушіння. Повітря нагнітається вентилятором, нагрівається калорифером та потрапляє до сушильної камери. У сушильній камері сировина контактує із сушильним агентом протягом руху її з верхнього конвеєра до самого нижнього [4, 5].

Тунельні сушарки використовують для сушіння овочів, фруктів, макаронів як сушарки безперервної дії. Основною частиною тунельних сушарок є подовжена камера, у якій висушувана сировина вздовж камери рухається на вагонетках. Повітря нагнітається вентилятором, нагрівається калорифером і потрапляє в камеру. Сушильний агент контактує із висушуваною сировиною. Після того, як із камери викочуються вагонетки із готовою продукцією, з іншого боку закочуються вагонетки із висушуваною сировиною. Вагонетки переміщуються в камері вручну або за допомогою товкача. Довжина сушарок може досягати 100 м, а ширина до 10 м, тому в таких сушарках конструктивно передбачається проміжне нагрівання в камері. Калорифери та вентилятори можуть бути встановлені вгорі, збоку або всередині сушарки. Відпрацьоване повітря виводиться через газохід [2, 5, 9, 15].

Розпилювальні сушарки використовують для сушіння молока та молочних продуктів, яєць, кави. Основною частиною таких сушарок є камера, у якій відбувається сушіння. Висушувана сировина розпорошується в камері до крапель, діаметр крапель складає декілька десятків мікрон. Сировина щільно контактує із сушильним агентом завдяки високій дисперсності. Із крапель видаляється волога, готовий продукт у вигляді порошку отримується за декілька секунд. Сушіння розпиленням складається із трьох основних процесів: розпилення сировини в камері, змішування сушильного агенту із висушуваною сировиною, тепло і масообмін між ними. Аналіз цих процесів і визначає ефективність та економічні показники розпилювальних сушарок [7, 9, 16].

Сушарки киплячого шару використовують для сушіння овочів, зернових культур, горіхів. Такі сушарки є апаратами безперервної дії. Сушіння відбувається в корпусі сушарки. Висушувана сировина потрапляє на поверхню газорозподільчої решітки. Сушильний агент потрапляє до корпусу завдяки нагнітанню вентилятором та нагріванню калорифером. Нагрітий сушильний агент подається в корпус під газорозподільчу решітку. Висушувана сировина продувається сушильним агентом зі швидкістю, необхідною для створення «киплячого шару». Висушуваний матеріал видаляється із сушарки через патрубок, що примикає до корпусу [9, 14].

Використання перегрітої пари як сушильного агенту дає змогу виключити попередню термічну обробку висушуваної сировини, наприклад, варення. Тому технологічний процес сушіння може бути спрощеним через скорочення тривалості процесу сушіння, необхідності в додатковому обладнанні і персоналі. Особливістю сушіння перегрітим паром є те, що температура сировини в періоді постійної швидкості сушіння згідно з вологістю і температурою сушильного агента близька до 100 °С. Перегріта пара як сушильний агент може бути використана для сушіння молока. Позитивно впливає на наявність корисних речовин і вітамінів в овочах, фруктах, зернових культурах. Овочі та фрукти в середовищі пару мають меншу усадку порівняно з іншими сушильними агентами, краще зберігають вітаміни. Готовий висушений продукт зберігає свої кулінарні якості після відновлення [2–5, 7, 9].

За допомогою кліматичного сушіння отримують сушене м’ясо риби, гриби, ковбаси та інші м’ясні вироби. Зневоднення сировини відбувається всередині сушильної камери. Повітря нагнітається вентилятором та підігрівається калорифером, після чого тепле повітря обдуває полиці, на яких розміщена висушувана сировина. Повітря, насичене вологою, потрапляє до осушувача, у якому волога з повітря конденсується і виводиться у дренажну систему, а висушене повітря прямує через повітроводи і подається знову до полиць, на яких розміщена сировина. Через циклічне використання повітря витрата енергії в декілька разів менше, ніж при конвективному сушінні. Температура і вологість повітря, а також тривалість процесу контролюється приладами. Тривалість процесу складає $72\times10^3\ldots86\times10^3$ с [2].

Перевагами конвективного способу сушіння є простота конструкції сушарок, їх невисока вартість.

Недоліками конвективного способу сушіння є великі питомі витрати енергії від 5,0 до 12,5 МДж / кг. Сушарки мають схожості в роботі, характерним для них є те, що волога випаровується тільки з поверхні висушуваної сировини, в результаті чого на поверхні утворюється плівка, що ускладнює теплообмін. Це може негативно впливати на якість готового продукту. Майже у всіх сушарках втрачається приблизно 50 % витраченої енергії на нагрівання сушильного агенту. Тривалість процесу складає від 1200 с, що залежить від товщини шару сировини [1, 2 ,4, 7].

Отримати сушене смажене м'ясо можна конвективним способом, попередньо обсмаживши його на відповідному обладнанні. Утворення плівки на поверхні сировини ускладнить теплообмін, що погіршить якість кінцевого продукту при високих витратах енергії, що є недоцільним.

Сублімаційний спосіб сушіння – процес заморожування висушуваної сировини з подальшим переходом вологи у вигляді льоду на пару, минаючи рідкий стан; у харчовій промисловості використовується для сушіння розчинної кави, чаю, овочів, фруктів, м'ясних виробів, морепродуктів. За допомогою сублімаційного сушіння зберігаються біологічні якості висушуваної сировини, що має важливе значення для тривалого зберігання продуктів харчування [2, 4, 9].

Сублімаційна сушарка складається із сушильної камери – субліматора, охолоджуючої системи з холодильним агрегатом, вакуумної системи, що містить вакуумний насос, системи управління, що містить елементи контролю та автоматизації процесу, системи нагрівання, що містить нагрівальні елементи. Сушіння проходить у три етапи. Першим етапом є фаза заморожування. У сушарках, у яких передбачено охолоджуючу систему, попередньо охолоджують камеру до заданої температури, після чого висушувана сировина розміщується на противнях у субліматорі. Якщо в сушарці не передбачено охолоджуючої системи з холодильним агрегатом, то заморожування проводиться в окремій морозильній камері. Другим етапом є сублімація, під час якої тиск знижується і до матеріалу додається тепло. Пара, що утворилася під час сушіння, потрапляє із субліматора в холодильний агрегат. У трубах холодильного агрегату відбувається конденсація і виморожування водяної пари за допомогою холодоагенту, що циркулює поміж трубами. Холодильний агрегат з'єднується з вакуумним насосом, що призначений для відсмоктування несконденсованих газів. Під час другого етапу видаляється основна кількість вологи. Третім етапом є сушіння, під час якого видаляється залишкова волога. Під час третього етапу підвищується температура в субліматорі для досягнення 1…5 % залишкової вологи. Після закінчення сушіння готовий продукт необхідно герметично закривати в контейнерах або спеціальних пакетах [1–9, 17].

Перевагами сублімаційного сушіння є можливість зберігання готового продукту до 5-и років при температурі -50…+50 С, збереження харчової цінності готового продукту, високі органолептичні показники, а для м'ясних виробів – зменшення ваги готового продукту у 4 рази порівняно із висушуваною сировиною [11].

Недоліками сублімаційного способу є високі питомі енерговитрати 10,0…14,0 МДж / кг, висока вартість обладнання; тривалість сушіння складає 36×10^3…254×10^3 с, що залежить від товщини шару висушуваного продукту, і висока собівартість готового продукту.

Отримання сушеного смаженого м'яса сублімаційним способом можливе, попередньо обсмаживши його на відповідному обладнанні. Готовий продукт, скоріше за все, буде високої якості. Зважаючи на високі витрати енергії, високу вартість обладнання і необхідність у додатковому обладнанні для смаження м'яса, ціна на кінцевий продукт буде високою, тому застосування сублімаційного способу є недоцільним.

Радіаційний спосіб сушіння – процес сушіння, під час якого тепло, необхідне для виведення рідини і нагрівання висушуваної сировини передається променевою енергією. Такий спосіб сушіння ще називається сушінням інфрачервоними променями. Використовується для сушіння квасолі, гороху, ячменю [2, 4, 5].

У сушарці висушувана сировина потрапляє через бункер на конвеєр і рухається по ньому до вивантажувального резервуару. Конвеєр розташований під газовими пальниками, що примикають до випромінювача. Газ нагнітається через газодувку. Між газодувкою і випромінювачем встановлюються крани для забезпечення можливості регулювання подачі газу. Тепло до висушуваної сировини подається від газових пальників. Відпрацьовані гази виводяться через вихлопну трубу, а висушувана сировина з конвеєра потрапляє до вивантажувального резервуара. Під час використання сушарок із газовим випромінюванням необхідно забезпечити достатню вентиляцію повітря у приміщенні [4, 5, 9, 11–13].

Перевагою радіаційного способу сушіння є те, що інтенсивність випаровування вологи може бути збільшена в декілька разів порівняно з конвективним сушінням. Це пояснюється тим, що таким способом можна підводити більшу кількість теплоти до висушуваної сировини. Але не завжди можна збільшити швидкість сушіння через підведення більшої кількості теплоти до висушуваної сировини. У багатьох випадках швидкість сушіння визначається швидкістю переміщення вологи в середині сировини і якістю готового продукту – зберіганням біологічних, поживних, смакових властивостей.

Недоліком радіаційного сушіння є виникнення перепаду температур, через які волога переміщується за напрямом теплового потоку в середину висушуваної сировини.

Сушарки із газовими випромінювачами економічні і забезпечують більш рівномірне сушіння сировини [3]. Питома витрата енергії – 3,0…4,5 МДж / кг. Тривалість процесу сушіння – від 600…900 с, що залежить від товщини шару висушуваного продукту.

Під час сушіння смаженого м'яса радіаційним способом виникне концентрація великих потужностей на поверхні м'яса, що погіршить його кінцеву якість. Для виробів із незруйнованою структурою, у яких волога розповсюджена нерівномірно, чим і є м'ясо, застосування такого способу призведе до перегріву певних ділянок поверхні виробу і, як наслідок, погіршення його органолептичних показників і харчової цінності. Зважаючи на це, використання радіаційного способу є недоцільним.

НВЧ сушіння – спосіб сушіння, що полягає у впливу на висушувану сировину інтенсивного електромагнітного поля надвисоких частот. У харчовій промисловості застосування такого способу обмежене.

НВЧ сушарка складається із високочастотного генератора і сушильної камери. У середині сушильної камери розміщений стрічковий конвеєр. З обох сторін стрічкового конвеєра розташовані пластини конденсатора. Змінний струм із мережі через випрямляч потрапляє в генератор, де перетворюється у змінний струм високої частоти. Цей струм і підводиться до пластин конденсатора. Завдяки низці наступних фізичних процесів із залученням поля високої частоти, іонів та електронів матеріалу, висушувана сировина нагрівається. Температуру висушуваної сировини із середини можна регулювати і підтримувати на необхідному рівні за допомоги напруженості електричного поля [15, 17–20].

Перевагою НВЧ сушіння перед традиційними методами є можливість виходу на задану температуру всередині висушуваної сировини, а також її регулювання і підтримання.

Недоліками є висока ціна обладнання та необхідність навчання персоналу і проведення інструктажів із техніки безпеки під час роботи із високою напругою, що призведе до додаткових матеріальних витрат. НВЧ сушарки мають високі питомі витрати енергії – 8,0…13,0 МДж / кг [3, 7, 8, 10].

З огляду на вартість НВЧ сушарок, їх складну будову, високі витрати енергії, потреби у кваліфікованому персоналі, очевидно, що такі сушарки можуть використовуватися рідше за традиційні сушарки. Використання НВЧ сушарок може бути доцільним у разі виготовлення окремих спеціальних продуктів харчування.

Використання цього способу для сушіння смаженого м'яса ймовірно призведе до руйнування його структури і, як результат, неминуче спричинить погіршення якості продукту. За високих витрат енергії використання НВЧ-сушіння є недоцільним.

Комбіновані способи використовуються для підвищення ефективності процесу сушіння, зменшення питомої витрати енергії, зменшення тривалості процесу сушіння та покращення якості готового продукту. Комбінований спосіб дозволяє майже вдвічі зменшити питомі витрати енергії, які залежно від комбінації способів складають 3,0…7,0 МДж / кг [2–5, 21–25].

У харчовій промисловості використовують конвективно-кондуктивний, конвективно-радіаційний, кондуктивно-радіаційний, радіаційно-НВЧ, конвективно-НВЧ способи. Сушарки, що працюють із комбінованим підведенням теплоти до висушуваної сировини, дозволяють використовувати переваги кожного із традиційних способів сушіння.

Дослідженням процесів сушіння харчової сировини займаються у Харківському державному університеті харчування та торгівлі, у якому було розроблено і досліджено ефект індукованого тепломасообміну [26], розроблено пристрій безперервної дії для гідротермічної обробки та сушіння крупи, у якому зазначений ефект реалізується. На такому обладнанні можна виготовляти швидковідновлювані каші, що не потребують варіння. Ефект полягає в переході системи від нестійкої рівноваги до стійкої, супроводжується розсіюванням теплоти завдяки переходу рідкої фази в газоподібний стан.

Основною частиною апарату є термостат, у середині якого перебуває висушувана сировина. Іншим невід'ємним складником системи є обтюратор, який значно менший за розміром термостата. Через обтюратор термостат під'єднаний до навколишнього середовища. Як зазначено в роботі А. О. Пака [26], в середині термостата виникає динамічна рівновага між складниками, газове середовище є суцільним за парціальним тиском пари рідини. А всередині термостата має бути наявна рідка фаза. Під час виконання низки умов спрацьовує ефект індукованого тепло масообміну.

Одним із індукованих способів є сушіння харчової сировини змішаним теплопідводом (ЗТП-сушіння) [26, 27]. За допомоги ЗТП-сушіння реалізується активна теплова і гідродинамічна взаємодія сушильного агента із висушуваною сировиною. Особливість процесу полягає в тому, що сировина

розміщується у функціональній ємності, яка є газонепроникною і виготовлена із матеріалу, що не чинить опору потоку теплоти, на корпусі якої є зазори для відведення випаруваної вологи. Теплота до функціональної ємності за ЗТП-сушіння подається конвективно та кондуктивно. Таким способом можна сушити крупу та плодово-ягідну сировину.

Розроблена установка [26] працює таким чином. Сировина потрапляє у функціональну ємність через завантажувальний бункер. У першій частині функціональної ємності проводиться гідротермічна обробка сировини, а у другій – сушіння із ефектом індукованого тепломасообміну через наявність зазорів на стінках, що виконують роль обтюраторів, а також дотримання необхідних умов для запуску ефекту індукованого тепломасообміну. Повітря нагнітається вентилятором, нагрівається калориферами та потрапляє до стінок другої частини функціональної ємності, у якій і реалізується процес сушіння. Частина випаруваної вологи з повітря конденсується і виходить через патрубок у конденсатовідводчик. Готова продукція виходить через розвантажувальний бункер.

Перевагою ЗТП-сушіння є низькі питомі витрати енергії 3,0…4,0 МДж / кг та можливість отримання якісного продукту. Тривалість процесу складає 3600…5100 с, кінцевий вологовміст продукту складає 6,0…8,0 %.

Недоліком є те, що таким способом висушуються тільки консистентні готові страви, цей спосіб має обмежене використання.

ЗТП-сушінням та комбінованими способами можна сушити консистентну сировину, яка пройшла теплову обробку, у якій волога розповсюджена по об’єму продукту рівномірно. Використання цих способів для сушіння смаженого м’яса не забезпечить високої якості готового продукту, тому їх використання є недоцільним

Кондуктивний спосіб сушіння – процес сушіння матеріалу на нагрітій металічній пластині. Тепло до матеріалу передається від гарячої поверхні з подальшою віддачею його в довкілля [3, 5, 9, 29, 30]. Спосіб кондуктивного сушіння широко використовується в хімічній, енергетичній, фармацевтичній, текстильній галузях промисловості. Використовується кондуктивний спосіб і в харчовій промисловості в технологічних процесах, у яких необхідно забезпечити щільний контакт продукту із нагрівальною поверхнею, таких як жаріння та обсмажування [31], а також сушіння рідких та пастоподібних матеріалів.

Конструктивно кондуктивні сушарки виконуються у вигляді періодично діючих сушильних барабанів, безперервно діючих валкових, циліндричних сушарок або у вигляді сушильних шаф із розташованими за їх висотою полиці або плити, що підігріваються теплоносієм, на яких і розташовується сировина.

До кондуктивних сушарок, що використовуються в харчовій промисловості, належать валкові сушарки [2–5, 9, 30]. Залежно від тиску вони поділяються на сушарки, що працюють під атмосферним тиском або під вакуумом. Залежно від кількості валків промисловість випускає одно-, дво- та багатовалкові сушарки.

Основною їхньою частиною є вали, що обертаються назустріч один одному зі швидкістю 2…10 об / хв. Висушувана сировина потрапляє на вали, які нагріваються за рахунок пари, електричного калориферу або газів, висушується завдяки переходу з одного вала на інший до повного зневоднення і зрізується ножем. Коефіцієнт тепловіддачі за таких умов становить 170…180 Вт / (м^2×К), процес сушіння триває від декількох секунд до декількох хвилин. Нагрівальні поверхні виготовляються з чавуна, нержавіючої сталі або листової міді. Питомі енерговитрати під час кондуктивного сушіння складають 5,0…7,0 МДж / кг. Тривалість процесу сушіння 5…180 с, що залежить від товщини шару висушуваного матеріалу [30].

На сьогодні кондуктивне сушіння застосовується значно рідше традиційних методів сушіння у харчовій промисловості, оскільки таким способом не завжди вдається зберегти харчову цінність готового продукту, а вибір способу, оптимального режиму та обладнання визначається комплексним аналізом властивостей харчової сировини [1–5, 9, 10, 15].

Перевагами кондуктивного способу сушіння є низька питома витрата енергії, можливість досягти високих показників теплопередачі, тривалість сушіння, висока якість готового продукту, про що свідчать експериментальні дослідження [28].

Недоліком є обмеження за видом висушуваної сировини.

З огляду на конструкцію обладнання, що використовується під час кондуктивного способу можна сумістити процес смаження м’яса із подальшим сушінням. Завдяки короткій тривалості процесу сушіння і високої теплопередачі можна отримати якісний кінцевий продукт при низьких витратах

енергії [28]. Це означає, що кондуктивний спосіб може стати ефективним для сушіння смажених м'ясних виробів.

Питомі витрати енергії способів сушіння наведені в таблиці 2.

2. Питома витрата енергії різних способів сушіння

Спосіб сушіння	Питома витрата енергії, МДж / кг	Джерело
Кондуктивний	5,0…7,0	[15, 30]
Конвективний	6,0…12,5	[4, 7, 9, 14]
Сублімаційний	10,0…14,0	[9, 19]
Радіаційний	3,0…4,5	[3, 5, 12, 13]
НВЧ	8,0…13,0	[4, 9, 19]
ЗТП	3,0…4,0	[26, 27]

Висновки

Огляд, представлений у статті, зроблений з метою узагальнення та систематизації сучасних уявлень стосовно способів сушіння харчової сировини та пошуку можливості використання наявних способів для сушіння жареного м'яса. У результаті проведеної роботи виявлено, що на сьогодні вироби із сушеного жареного м'яса можна отримати технологіями конвективного сушіння, сублімаційного сушіння та природним способом сушіння, дані стосовно кондуктивного сушіння жареного м'яса відсутні. Під час кондуктивного сушіння реалізовується високий показник теплопередачі. Конструктивні особливості обладнання дають змогу сумістити процес смаження та сушіння, питомі витрати енергії є низькими під час короткої тривалості процесу. Це вказує на те, що кондуктивний спосіб може стати ефективним для сушіння м'ясних виробів.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці обладнання для кондуктивного сушіння смажених м'ясних виробів.

References

1. Savchenko-Pererva, M. Yu., & Radchuk, O. V. (2021). Analiz suchasnykh shliakhiv stvorennia kharchovykh produktiv z pidvyshchenoiu kharchovoiu tsinnistiu. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, 16 (2), 48–52. Retrieved from: http://repo.snau.edu.ua/handle/123456789/8794 [In Ukrainian].

2. Burdo, O. G. (2010). *Evolyutsiya sushilnyih ustanovok*. Odessa: Poligraf [In Russian].

3. Riadh, M. H., Ahmad, S. A. B., Marhaban, M. H., & Soh, A. C. (2014). Infrared heating in food drying: An Overview. *Drying Technology*, 33 (3), 322–335. doi: 10.1080/07373937.2014.951124

4. Cherevko, O. I., & Poperechniy, A. M. (2015). *Protsesi i aparati harchovih virobnitstv*. Harkiv: Svit knig [In Ukrainian].

5. Salehi, F. (2019). Recent Applications and potential of infrared dryer systems for drying various agricultural products: A Review. *International Journal of Fruit Science*, 20 (3), 586–602. doi: 10.1080/15538362.2019.1616243

6. Musielak, G., Mierzwa, D., & Kroehnke, J. (2016). Food drying enhancement by ultrasound: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 56, 126–141. doi: 10.1016/j.tifs.2016.08.003

7. Mihaylov, Yu. A. (1967). Sushka peregretyim parom. Moskva: Energiya [In Russian].

8. Khaing Hnin, K., Zhang, M., Mujumdar, A. S., & Zhu, Y. (2018). Emerging food drying technologies with energy-saving characteristics: A review. *Drying Technology*, 37 (12), 1465–1480. doi: 10.1080/07373937.2018.1510417

9. Lyikov, A. V. (1968). Teoriya sushki.. Moskva: Energiya [In Russian].

10. Zhang, M., Jiang, H., & Lim, R.-X. (2010). Recent Developments in Microwave-Assisted Drying of Vegetables, Fruits, and Aquatic Products–Drying Kinetics and Quality Considerations. *Drying Technology*, 28 (11), 1307–1316. doi: 10.1080/07373937.2010.524591

11. Aksoy, A., Karasu, S., Akcicek, A., & Kayacan, S. (2019). Effects of Different Drying Methods on Drying Kinetics, Microstructure, Color, and the Rehydration Ratio of Minced Meat. *Foods*, 8 (6), 216. doi: 10.3390/foods8060216

12. Zavaliy, A. A., & Yanovich, I. V. (2010). Infrakrasnaya kamera dlya sushki plodov i ovoschey. *Trudyi Tavricheskogo Gosudarstvennogo Agrotehnologicheskogo Universiteta*, 10, 103–110. [In Russian].

13. Zavaliy, A. A., Yanovich, I. V., & Lago, L. A. (2010). Sravnitelnaya otsenka energeticheskih zatrat pri sushke produktov pitaniya infrakrasnyim i konvektivnyim sposobami v ustroystvah kamernogo tipa. *Harchova Nauka i Tehnologiya*, 3, 128–132. [In Russian].

14. Ginzburg, A. S., & Rezchikov, V. A. (1966). *Sushka pischevyih produktov v kipyaschem sloe*. Moskva: Pischevaya promyishlennost [In Russian].

15. Pohozhykh, M. I., Potapov, V. O., Pak, A. O., & Zherebkin, M. V. (2016). *Enerhoefektyvni tekhnolohii ta tekhnika sushinnia kharchovoi syrovyny*. Kharkiv: KhDUKhT [In Ukrainian].

16. Veresotskyi, Yu. I. (2001). Udoskonalennia rozpyliuvalnoho sposobu sushinnia molochnoi syrovatky. *Candidates thesis*. Kyiv [In Ukrainian].

17. Hayashi, H. (1989). Drying Technologies of Foods -Their History and Future. *Drying Technology*, 7 (2), 315–369. doi: 10.1080/07373938908916590

18. Pohozhykh M. I., Pak A. V., & Pak A. O. (2015). Potentsiini mozhlyvosti shtuchnoho keruvannia protsesom sushinnia volohoi syrovyny. *Rozvytok kharchovykh vyrobnytstv, restorannoho ta hotelnoho hospodarstv i torhivli : problemy, perspektyvy, efektyvnist. Naukovo-praktychna konferensija*. Kharkiv: KhDUKhT [In Ukrainian].

19. Lebedev, P. D. (1962). *Raschet i proektirovanie sushilnyih ustanovok*. Moskva – Leningrad: Gosenergoizdat, 1962 [In Russian].

20. Buchynskyi, A. K., & Kovalenko, V. S. (2002). Osnovy tekhnolohii ta tekhniky sushinnia.. Dnipropetrovsk: UDKhTU [In Ukrainian].

21. Mykhailov, V. M., Severyn, O. A., Babkina, I. V., & Liashenko, B. V. (2004). Pidvyshchennia efektyvnosti pryrodnoho sushinnia kharchovykh produktiv. *Prohresyvni Resursozberihaiuchi Tekhnolohii ta yikh Ekonomichne Obgruntuvannia u Pidpryiemstvakh Kharchuvannia. Ekonomichni Problemy Torhivli*. 1, 355–361. [In Ukrainian].

22. Acar, C., Dincer, I., & Mujumdar, A. (2020). A comprehensive review of recent advances in renewable-based drying technologies for a sustainable future. *Drying Technology*, 40 (6), 1029–1050. doi: 10.1080/07373937.2020.1848858

23. Llavata, B., García-Pérez, J. V., Simal, S., & Cárcel, J. A. (2020). Innovative pre-treatments to enhance food drying: a current review. *Current Opinion in Food Science*, 35, 20–26. doi: 10.1016/j.cofs.2019.12.001

24. Kalinichenko, R. A. (2005). Enerhozberihaiuchi rezhymy sushinnia i aktyvnoho ventyliuvannia zerna pry zberihanni v umovakh hospodarstv. *Candidates thesis*. Kyiv [in Ukrainian].

25. Stankevych, H. M. (2015). Osnovni napriamky vdoskonalennia tekhnolohii ta tekhniky sushinnia zerna. *Problemy enerhoefektyvnosti ta yakosti v protsesakh sushinnia kharchovoi syrovyny. Vseukrainska naukovo-praktychna konferensija*. Kharkiv: KhDUKhT [In Ukrainian].

26. Pak, A. O. (2014). Rozrobka naukovykh osnov indukovanoho teplo masoobminu ta yoho vykorystannia v protsesakh ta obladnanni kharchovykh vyrobnytstv. *Doctors thesis*. Kharkiv [In Ukrainian].

27. Pohozhykh, M. I., & Pak, A. O. (2014). Rozvytok naukovykh osnov efektyvnoho keruvannia tekhnikoiu ta tekhnolohiieiu ZTP-sushinnia kharchovoi syrovyny. *Rozvytok kharchovykh vyrobnytstv, restorannoho ta hotelnoho hospodarstv i torhivli: problemy, perspektyvy, efektyvnist. Mizhnarodna naukovo-praktichna konferensija*. Kharkiv [In Ukrainian].

28. Skrypnyk, V. O., Myronov, D. A., & Latysh, V. S. (2021). Rezultaty poperednikh doslidzhen protsesu konduktyvnoho sushinnia zharenoho miasa. *Novi tekhnolohii i obladnannia kharchovykh vyrobnytstv. Mizhvuzivskii naukovo-praktychnyi seminar*. Poltava [In Ukrainian].

29. Brazhnikov, A. M., Karpyichev, V. A., & Peleev, A. I. (1974). *Analiticheskie metodyi issledovaniya protsessov termicheskoy obrabotki myasoproduktov*. Moskva: Agropromizdat [In Russian].

30. Krasnikov, V. V. (1973). *Konduktivnaya sushka*. Moskva: Energiya [In Russian].

31. Molchanova, N. Yu. (2011). Rozrobka obladnannia dlia zharinnia miasa z vysokym vmistom spoluchnoi tkanyny. *Candidates thesis*. Donetsk [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 25.04.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Скрипник В. О., Пономаренко Б. Г. Можливість використання наявних способів для сушіння жареного м'яса. *Вісник ПДАА*. 2022. № 2. С. 287–295.

© Скрипник Вячеслав Олександрович, Пономаренко Богдан Геннадійович, 2022

Technical sciences
BULLETIN OF POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY
ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk

original article | UDC 633.522 | **doi: 10.31210/visnyk2022.02.35**

ANALYSIS OF THE OPERATION OF THE BLADES OF THE SKATING RINK – CHOPPER IN THE CONDITIONS OF ITS ROLLING ON THE GROUND

V. Sheichenko[1]* ORCID 0000-0003-2751-6181
V. Volskyi[2] ORCID 0000-0002-7639-4216
R. Kotsiubanskyi[2] ORCID 0000-0002-4114-3951
Y. Skoriak[1] ORCID 0000-0001-9220-1827
N. Priliepo[1]* ORCID 0000-0002-4182-7405

[1] Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine
[2] National Scientific Center «Institute of Agricultural Engineering and Electrification», 11, Vokzalna str., 08631, Hlevakha, Ukraine
**Corresponding author*
E-mail: vsheychenko@ukr.net, nataliia.pryliepo@pdaa.edu.ua

How to Cite

Sheichenko, V., Volskyi, V., Kotsiubanskyi, R., Skoriak, Y., & Priliepo, N. (2022). Analysis of the operation of the blades of the skating rink – chopper in the conditions of its rolling on the ground. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 296–306. doi: 10.31210/visnyk2022.02.35

One of the most promising ways of solving the problem of quality of the technological process of interaction of knives with the vegetative-soil environment is a theoretical analysis of grinder roller blade work under the conditions of its rolling on the soil. The quality of work of grinder roller largely depends on the correct choice of their rational parameters and modes of operation, which are completely determined not only by its design features, but also operating conditions. The process of interaction of the grinder roller blade with the vegetative-soil environment was investigated by an analytical method. It is noted that under conditions when the number of rows of knives in the roller design and their parameters allow approximately the same value of the length of the circle between the tips of the knives with its height (maximum value of immersion depth of the knife in the soil environment), there is a variant of center and lifting. This is possible when the contact with the soil environment is continuous. The noted features of the movement of the center C will take place both at a small depth of immersion of knives in the plant-soil environment, and at significant depth values. The influence of the angle β (the angle between the velocity vector of the point K and the vertical) on the conditions of penetration of the knife into the plant-soil environment is established. Under the conditions of coincidence of the direction of installation of the knife with the radius of the drum, dependence was established, according to which the influence on the angle β of design parameters (drum radius $r_б$*, knife width* h_H*, angle* φ*) and technological parameter* h_1*, which determines the distance from the point K to the horizontal line of the greatest penetration of knives into the plant-soil environment. Under the conditions of displacement by the angle* γ' *of the direction of installation of the knives relative to the radius of the drum of the roller in the direction coinciding with the direction of rotation of the drum, the dependence, according to which the influence on the angle β' (the angle between the vertical and the direction of the speed of the end point of the knife K'), design parameters (drum radius* $r_б$*, knife width* h_H*, angles* φ *and* γ'*), as well as the technological parameter* h_1*, which determines the distance from the point K' to the horizontal line of the greatest penetration of knives into the plant-soil environment.*

Key words: *roller-shredder, roller knives, penetration conditions, plant-soil environment.*

АНАЛІЗ РОБОТИ НОЖІВ КОТКА-ПОДРІБНЮВАЧА ЗА УМОВИ ЙОГО КОЧЕННЯ ПО ҐРУНТУ

***В. О. Шейченко*[1], *В. А. Вольський*[2], *Р. В. Коцюбанський*[2], *Ю. Б. Скоряк*[1], *Н. В. Прілєпо*[1]**
[1] Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна
[2] Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України, смт Глеваха, Україна

За допомогою аналітичного способу досліджено процес взаємодії ножа котка-подрібнювача із рослинно-ґрунтовим середовищем. Розглянуто варіант коливального руху центру С котка у поздовжньо-вертикальній площині за умови незначної довжини барабану та його порівняно невисокій вазі. Відмічено, що за умов, коли кількість рядів ножів у конструкції котка та їх параметри уможливлюють приблизно однакове значення довжини кола між верхівками ножів із його висотою (максимальним значенням глибини занурення ножа у рослинно-ґрунтове середовище), спостерігається варіант руху центру мас С у вигляді почергового опускання та піднімання. Це можливо, коли контакт із рослинно-ґрунтовим середовищем відбувається безперервно. Відмічені особливості руху центру С будуть мати місце як за умови невеликої глибини занурення ножів у рослинно-ґрунтове середовище, так і при значних значеннях глибини. Встановлено вплив кута β (кут між вектором швидкості точки К і вертикаллю) на умови проникнення ножа в рослинно-ґрунтове середовище. За умови збігу напрямку встановлення ножа із радіусом барабана встановлено залежність, згідно з якою з'ясовано вплив на кут β конструкційних параметрів (радіусу барабана $r_б$, ширини ножа $h_н$, кута φ) та технологічного параметру h_1, яким визначено відстань від точки К до горизонтальної лінії найбільшого проникнення ножів у рослинно-ґрунтове середовище. За умов зміщення на кут γ' напрямку встановлення ножів відносно радіуса барабана котка у бік, що збігається із напрямком обертання барабану, встановлено залежність, згідно з якою з'ясовано вплив на кут β′ (кут між вертикаллю та направленням швидкості прикінцевої точки ножа К′), конструкційних параметрів (радіуса барабана $r_б$, ширини ножа $h_н$, кутів φ та γ'), а також технологічного параметру h_1, яким визначено відстань від точки К′ до горизонтальної лінії найбільшого проникнення ножів у рослинно-ґрунтове середовище.

Ключові слова: *коток-подрібнювач, ножі котка, умови проникнення, рослинно-ґрунтове середовище.*

Вступ

Технологічні операції подрібнення рослинних матеріалів і часткове їх загортання у грунт здійснюють спеціальними машинами [1]. Коток-подрібнювач у моноваріанті, а також у поєднанні з дисковою бороною надзвичайно ефективне знаряддя для виконання вищезазначених задач [1]. Якість виконання технологічного процесу взаємодії ножів із рослинно-ґрунтовим середовищем значною мірою визначається дотриманням базових вимог, що висуваються при проєктуванні нових машин і знарядь [1]. До найбільш визначальних відносять урахування залежності якісних показників від технологічних параметрів [1–2]. Одним із найбільш перспективних шляхів вирішення зазначеної проблеми є теоретичний аналіз роботи ножів котка-подрібнювача за умов його кочення по ґрунту.

Якість роботи котків-подрібнювачів переважно залежить від правильного вибору їх раціональних параметрів і режимів роботи, які повністю визначаються не тільки конструкційними особливостями, але й умовами експлуатації [3–5].

Зміни в широкому діапазоні більшості властивостей рослинного матеріалу навіть за умов того самого поля є тим причинно-наслідковим чинником, що обумовлює якість роботи [6–8].

Відмітимо відсутність у вищенаведених публікаціях кількісного оцінювання показників якості виконання операцій подрібнення грубостеблових культур у всьому діапазоні розмірів рослинних решток, а також орієнтацію статей на аналіз результатів експериментальних досліджень.

У статті [9] наведено результати досліджень машинно-тракторного агрегату, який одночасно виконує технологічні операції подрібнення і загортання ґрунтом рослинних залишків (соняшникова стерня). Першу операцію здійснюють завдяки подрібнювачу рослинних залишків, встановленого спереду. Проте поза увагою авторів залишилися питання визначення впливу на якість подрібнення рослинних решток швидкості руху агрегату.

У дослідженнях [10–12] відмічено, що повернення та глибоке закопування сільськогосподарської соломи у ґрунт є ефективним способом використання та переробки ресурсу соломи, зменшення забруднення та підвищення родючості ґрунту. Автори статті [13–14] розробили комбінований агрегат для глибокого боронування, подрібнення стерні, перевертання та закопування подрібненої соломи. За результатами статистичного аналізу зроблено висновок, що швидкість обертання лопаті, що руйнує стерню, не впливала на опір обробітку ґрунту. Проте поза увагою авторів залишилися питання теоретичного обгрунтування конструкційних схем подрібнювачів.

Для поліпшення якості роботи та зменшення енерговитрат машини на подрібнення соломи запропоновано схему та механізм роботи двокаткового культиватора [15]. У роботі [16] на підставі розробленої математичної моделі проаналізовано умови взаємодії стебла із сошником. Запропоновано два види можливих варіантів розташування ножів, що створює передумови проєктування нового типу вузькосмугових роторних культиваторів та подрібнювачів рослинних решток. Проте поза увагою авторів залишилося питання аналізу різних варіантів встановлення ріжучих ножів на барабані та відповідно теоретичний аналіз особливостей взаємодії ножів із рослинно-ґрунтовим середовищем.

Мульчувачі або котки-плющилки в соло варіанті, незважаючи на їх високу ефективність у руйнуванні стебел, навпаки не мають вищенаведені додаткові переваги [17]. Навпаки, їх безсистемне застосування може привести до накопичення великих мас рослинних решток на поверхні ґрунту, що сповільнює його прогрівання навесні [18–20].

Мета досліджень – підвищення ефективності функціонування подрібнювачів рослинної маси завдяки аналізу роботи ножів котка-подрібнювача за умов його кочення по ґрунту.

Матеріали і методи досліджень

За результатами інформаційно-аналітичних досліджень технологічного процесу подрібнення і зароблення рослинних решток у грунт визначено такі задачі досліджень:

– встановити аналітичну залежність впливу на кут між вертикаллю та напрямком швидкості прикінцевої точки ножа *K* конструкційних та технологічних параметрів за умов збігу напрямку встановлення ножа із радіусом барабана;

– встановити аналітичну залежність впливу на кут між вертикаллю та напрямком швидкості прикінцевої точки ножа *K′* конструкційних та технологічних параметрів за умов зміщення на кут γ' напрямку встановлення ножів відносно радіуса барабана котка у бік, що збігається із напрямком обертання барабану.

Методи досліджень – теоретичні дослідження проведено із застосуванням методів теоретичної механіки, теорії механізмів і машин, математичного моделювання.

Результати досліджень та їх обговорення

Розроблені котки-подрібнювачі рослинних решток є відомими конструкціями. Такі конструкції здійснюють кочення у поздовжньо-вертикальній площині. Коток оснащено двома барабанами діаметром 330 мм. Кожний барабан містить шість рядів ножів довжиною 505 мм і шириною 76 мм. Кількість ножів у кожному ряді барабана складає 4 шт. Кут загострення ножа складає 30°. Конструкція котка передбачає можливість встановлення ножів як паралельно осі барабана, так і з кутом нахилу 10°–12° до неї.

Під час руху котка-подрібнювача кожен барабан з ножами обертається навколо своєї осі. Кожна вісь жорстко з'єднана із конструкцією рами. За таких умов уможливлюється однакова висота розташування ножів від поверхні за умови переміщення котка по ґрунту. Так працює коток за умов жорсткого з'єднання осей барабанів один з одним. Характер руху змінюється, якщо розглядати окремо рух кожного барабану, вісь якого не зв'язана з тримачем осей.

Розглянемо рух за умови невеликого занурення ножів у рослинно-ґрунтове середовище. Представимо барабан з ножами, що рухається ліворуч по рівній однорідній поверхні ґрунту. Ґрунт не містить твердих включань (каміння). Швидкість центру тяжіння *C* барабану позначимо V_c. Внаслідок дії сили тяжіння *G* барабану один ніж заглиблюється в рослинно-ґрунтове середовище на глибину h_0. Миттєвим центром обертання барабана (точка, швидкість якої в даний момент дорівнює нулю) буде нижня точка C_v. Дійсно, точка C_v найглибше занурилася у ґрунт і їй швидко найважче миттєво

змінити своє положення. За умов, що C_v є миттєвим центром обертання, радіусом обертання буде лінія $C \cdot C_v$. Тоді кутова швидкість обертання ножа буде $\omega_н$, буде дорівнювати

$$\omega_н = \frac{C_v}{C \cdot C_v}, \quad (1)$$

де $C \cdot C_v$ *– відстань від точки* C *до точки* C_v.

Відмітимо, що рух ліворуч барабану обумовлює відповідний рух усіх його точок. Наприклад, точка D набуде швидкості V_D, точка B – V_B, точки K – V_K. Ці швидкості будуть дорівнювати

$$\begin{cases} V_D = \omega_н \cdot C_v \cdot D \\ V_B = \omega_н \cdot C_v \cdot B \\ V_K = \omega_н \cdot C_v \cdot K \end{cases}, \quad (2)$$

де $C_v \cdot D$ – відстань від точки C_v до точки D, $C_v \cdot B$ – відстань від точки C_v до точки B, $C_v \cdot K$ – відстань від точки C_v до точки K.

Відмітимо, що $C_v \cdot D$, $C_v \cdot B$, $C_v \cdot K$ – є радіусами обертання точок D, B і K.

Аналізуючи залежності (2), відмітимо, що швидкість точки тим більша, чим більше радіус її обертання, тобто, чим більша відстань від точки C_v. Врахуємо, що положення миттєвого центру обертання (точки C_v) певний період під час руху котка не змінюється. Внаслідок цього, центр мас барабану *C* повинен дещо опуститися (рис. 1). Нове положення точки C буде C_1', що характеризує її переміщення ліворуч за умови відповідного переміщення котка. Дуга $C \cdot C_1'$ – траєкторія переміщення точки *C* на початку переходу ножа із барабаном із положення $C \cdot C_v$ у положення $C_v \cdot C_1'$.

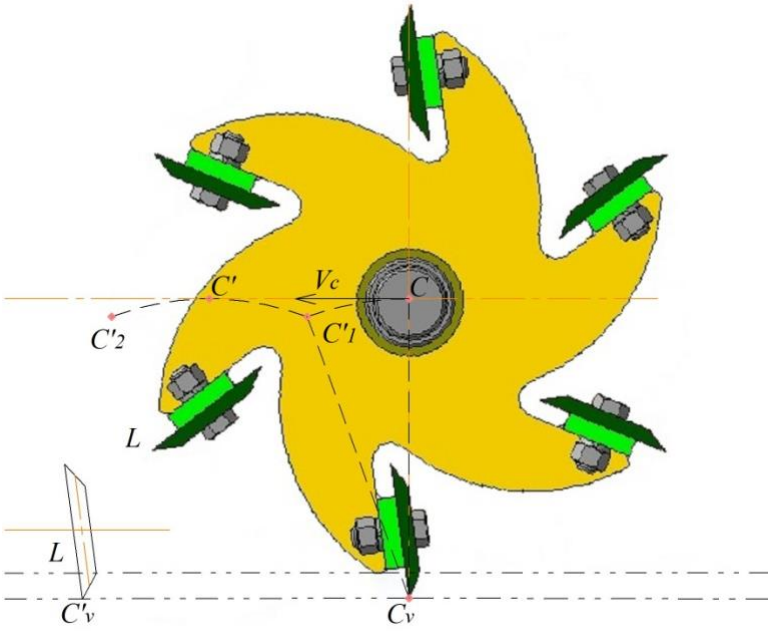


Рис. 1. Схема, що ілюструє коливальний рух центру С котка у поздовжньо-вертикальній площині

За час цього переміщення ніж *L* також здійснить обертання проти годинникової стрілки і разом із барабаном повернеться навколо точки C_v. За таких умов, точка *L* (кінець ножа *L)* зі швидкістю $V_L = \omega_н \cdot L \cdot C_v$ переміститься у положення C_v', яке буде миттєвим центром обертання ножа *L*.

У разі обертання ножа $L \cdot C'_v$ навколо точки C'_v, відмічений ніж із положення $L \cdot C'_v$ вийде догори і ліворуч, а точка C'_v центр барабану спрямується також ліворуч і догори у положення C'_1. Туди ж переміститься і центр барабану після того, як ніж $L \cdot C$ набуде вертикального положення.

Відмітимо, що вищезазначене характеризує особливості переміщення усіх ножів котка. Тобто рух центру *C* барабану не є рухом чисто по прямій лінії. Його можна охарактеризувати як коливальний рух у поздовжньо-вертикальній площині траєкторіями $C \cdot C'_1$, $C'_1 \cdot C_1$, $C_1 \cdot C'_2$ та інше.

Почергове змінення положення центру *C* буде залежати від кількості рядів ножів, глибини занурення ножів у рослинно-ґрунтове середовище. Ця глибина в загальному випадку буде визначатися параметрами ножа (шириною), товщиною шару рослинного матеріалу, твердістю ґрунту. За умови, коли кількість рядів ножів у конструкції котка і їх параметри уможливлюють приблизно однакове значення довжини кола між верхівками ножів із його висотою (максимальним значенням глибини занурення ножа у рослинно-ґрунтове середовище), спостерігається варіант руху центру мас *C* у вигляді почергового опускання та піднімання. Це можливо, коли контакт із рослинно-ґрунтовим середовищем відбувається безперервно. Один ніж закінчує фазу виходу із середовища, а інший відразу розпочинає. За умови, коли відстань між верхівками ножів перевищує ширину ножа, після закінчення фази контакту ножа із рослинно-ґрунтовим середовищем центр *C* повернеться до положення, яке характеризується стійким прямолінійним рухом по деякій прямій лінії. Як тільки ніж котка досягне положення початку взаємодії із рослинно-ґрунтовим середовищем, відповідно і центр *C* почне змінювати напрямок руху до низу відносно того стану, що існував.

Вищенаведені особливості руху центру *C* будуть мати місце як за невеликої глибини занурення ножів у рослинно-ґрунтове середовище, так і за значних значень глибини.

Відмітимо, що за умови повороту барабану котка на 360° верхівки ножів опишуть 6 хорд кола радіусом $C \cdot C_v$. Відстань $L \cdot C_v$ є основою рівнобедреного трикутника $C \cdot C_v \cdot L$ з кутом $\angle L \cdot C \cdot C_v = \varphi$. Тоді

$$C_v \cdot L = 2 \cdot C \cdot C_v \cdot \sin\frac{\varphi}{2}. \tag{3}$$

Загальна довжина $L_к$ шести таких хорд складе

$$L_к = 6 \cdot 2 \cdot C \cdot C_v \cdot \sin\frac{\varphi}{2} = 12 \cdot R_н \cdot \sin\frac{\varphi}{2}, \tag{4}$$

де $R_н$ – радіус $C \cdot C_v$, у загальному випадку визначається як $R_н = r_б + h_н$,

де $r_б$ – радіус барабана котка,

$h_н$ – висота ножа (рис. 2).

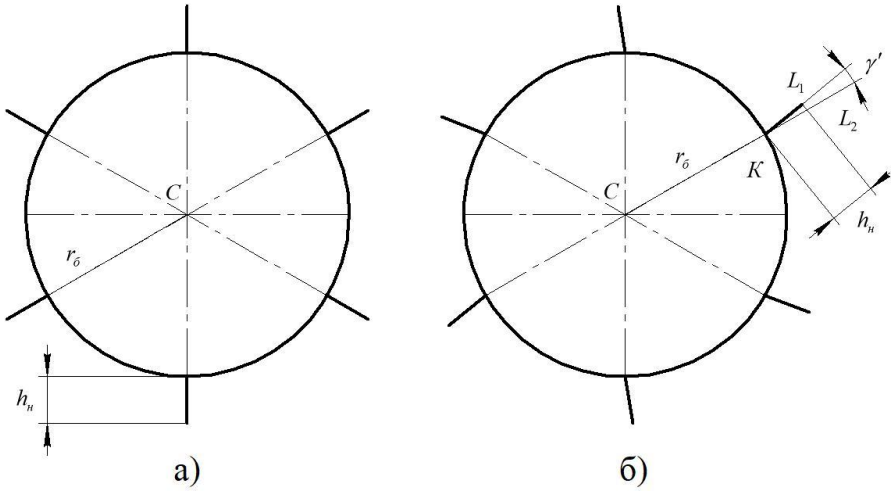


Рис. 2. Схема барабана котка-подрібнювача із встановленими ножами на продовженні радіусів барабану (а) та повернутих у бік обертання барабану на кут γ' (б)

У разі встановлення ножів котка під певним кутом γ' до радіуса барабана, $R_н$ буде визначатися

$$R_н = r_б + h_н \cdot \cos\gamma', \quad (5)$$

де γ' – кут встановлення ножа відносно напрямку радіуса барабана.

За умови шести рядів ножів на барабані кут $\varphi = 60°$. Тоді $L_к = 12 \cdot R_н \cdot \sin 30° = 6 \cdot R_н$, а довжина кола $L_0 = 2 \cdot \pi \cdot R_н = 6{,}2831 \cdot R_н$. Величина L_0 більша за $L_к$ на $0{,}2831 \cdot R_н$.

У відсотковому співвідношенні це буде $(0{,}2831/6{,}2831) \cdot 100 \approx 4{,}51\%$. Тобто сума хорд кола радіусом $R_н$ за шести рядів ножів на барабані буде на 4,51 % менша довжини кола радіусом $R_н$. За умов 8 рядів

$\sin\frac{\varphi_8}{2} = 0{,}3824$, $L_{к_8} = 6{,}1232 \cdot R_н$, $\Delta L = L_0 - L_{к_8} = 6{,}2831 \cdot R_н - 6{,}1232 \cdot R_н = R_н \cdot 0{,}1599$.

Співвідношення $\Delta L / L_0 = 0{,}1599/6{,}231 \approx 2{,}54\%$. За умов 10 рядів це співвідношення складатиме 1,64 %, дванадцяти рядів – 1,14 %.

Загалом у разі встановлення *n* рядів ножів кут *φ* між їхніми напрямками буде складати $360°/n$ градусів, або $2 \cdot \pi / n$ радіан. А довжина суми хорд буде визначатися

$$L_{к_n} = 2 \cdot \pi \cdot R_н \cdot \sin\frac{\pi}{n}. \quad (6)$$

Вищенаведений варіант коливального руху центру *C* котка характерний для незначної довжини барабану, його порівняно не високій вазі. У разі, коли барабан котка довантажують вертикальною вагою, центр *C* буде мати швидкість V_c, що буде спрямована горизонтально. За таких умов радіус $C \cdot C_v$ вертикальний, точка C_v є миттєвим центром обертання і розташована на нижній кромці ножа. Переміщення ліворуч центру котка *C* призводять до відповідного зміщення умовного радіуса ножа $C \cdot C_v$. Точка *C* буде залишатися на прямій горизонтальній лінії $C \cdot C'$, а нижня точка ножа буде виходити (підніматися догори і дещо зміщуватися ліворуч) із рослинно-ґрунтового середовища.

За таких умов буде мати місце наближена рівність $C \cdot C_v \approx C' \cdot A_1$. Одночасно з переміщенням ножа на радіусі $C \cdot C_v$ відбувається переміщення ножа на радіусі $C \cdot K$, який займе проміжне положення $C' \cdot A_2$. Рух ножа на радіусі $C \cdot K$ буде відбуватися донизу до досягнення точкою *K* положення C_{v_1}. Тобто $C \cdot C_v = C_1' \cdot C_{v_1}$. Повна глибина проникнення ножа у рослинно-ґрунтове середовище буде у разі, коли відповідні радіуси ножів займуть вертикальне положення.

Відмітимо, що як у першому розглянутому варіанті, так і у другому ножі в положенні, близькому до вертикального, проникають у рослинно-ґрунтове середовище і заглиблюються в нього.

Загалом збільшення глибини проникнення ножів у рослинно-ґрунтове середовище призводить до відповідного зростання навантаження на них, оскільки значно збільшується площа рослинно-ґрунтового руйнування.

Відмітимо, що в загальному випадку взаємодія ножа відбувається спочатку із рослинами, а потім ґрунтовим середовищем. Товщина шару рослинного середовища залежить від урожайності культури, забур'яненості, способу збирання культури, технології її вирощування.

Орієнтуючись на функціональне призначення котка-подрібнювача, зробимо висновок щодо доцільності його застосування у таких умовах, коли глибина проникнення ножів у ґрунт буде мінімальною. Умову подрібнення рослинного матеріалу за таких умов буде забезпечено.

На рисунку 3 наведено вектор швидкості точки $K \cdot V_к$, спрямований під кутом *β* до вертикалі. Встановимо вплив цього кута на умови проникнення ножа в рослинно-ґрунтове середовище. Трикутник $\Delta K \cdot C_v \cdot C_{v_1}$ подібний $\Delta K \cdot C_v \cdot A_2'$, а кути $\angle K \cdot C_v \cdot C_{v_1} = \angle A_2' \cdot K \cdot C_{v_1} = \beta$.

Тангенс кута *β* дорівнює $tg\beta = (K \cdot C_{v_1})/(C_v \cdot C_{v_1})$. Тоді

$$\beta = arctg \frac{K \cdot C_{v_1}}{C_v \cdot C_{v_1}}, \tag{7}$$

де $K \cdot C_{v_1}$ – відстань від точки *K* ножа до горизонтальної лінії $C_v \cdot C_{v_1}$, а $C_v \cdot C_{v_1}$ – відстань між точками найнижчого положення ножів C_v і C_{v_1}. Відмітимо, що найбільш ефективний результат відбувається за умов найменшого відхилення від вертикального положення швидкості $V_к$ у момент початку взаємодії із рослинним середовищем.

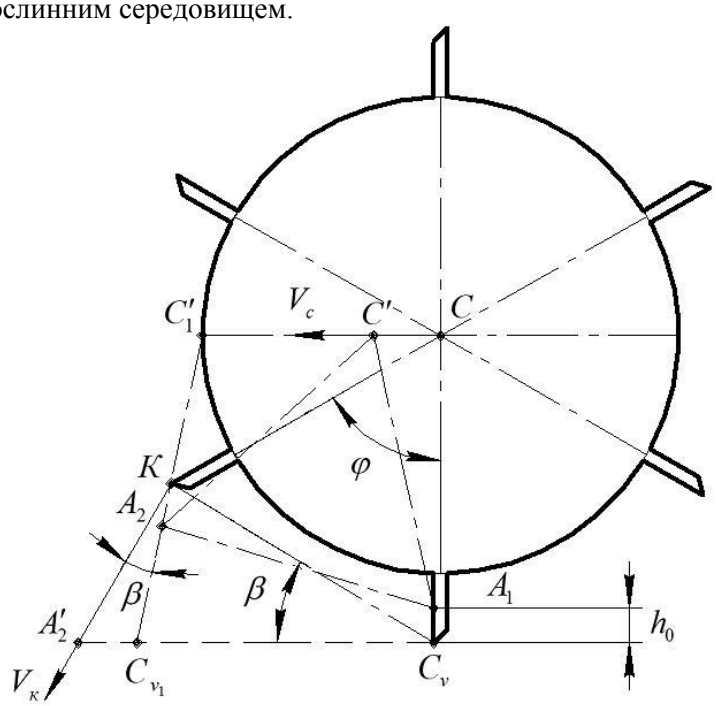


Рис. 3. Схема проникнення у рослинно-ґрунтове середовище ножа, встановленого на продовженні радіуса барабану

Проаналізуємо цю ситуацію для двох випадків:

1) У першому варіанті напрямок встановлення ножа збігається з направленням радіуса барабана котка. За таких умов $C \cdot C_v = R_н = r_б + h_н$.

2) За другим варіантом відбувається зміщення напрямку встановлення ножа на кут γ' в бік обертання барабана $C \cdot C_v = R_н = r_б + h_н \cdot \cos\gamma'$.

Із $\Delta K \cdot C \cdot C_v$ знаходимо

$$K \cdot C_v = 2 \cdot R_н \cdot \sin\frac{\varphi}{2}. \tag{8}$$

Тут кут φ – кут між напрямками встановлення ножів $C \cdot C_v$ і $C \cdot K$. Позначимо відстань $K \cdot C_{v_1}$ через h_1 (h_1 – це відстань точки *K* від лінії найбільшого проникнення ножів $C_v \cdot C_{v_1}$. Тоді

$$h_1 = \sqrt{(K \cdot C_v)^2 - (C_v \cdot C_{v_1})^2}. \tag{9}$$

Внаслідок простих перетворень отримаємо

$$\beta = \arccos\sqrt{1 - \left[\frac{h_1}{2 \cdot (r_б + h_н) \cdot \sin\frac{\varphi}{2}}\right]}. \tag{10}$$

На рисунку 4 побудовано залежність змінення кута β від радіуса барабана $r_б$ за $h_н = 8$ см, $\varphi = 60°$ та значень h_1: 1 – 10 см, 2 – 11 см, 3 – 12 см, 4 – 13 см. На рисунку 5 побудовано залежність змінення кута β від кута φ (кількості рядів ножів на барабані) за $h_н = 8$ см, $h_1 = 11$ см, радіуса барабана $r_б$: 1 – 15 см, 2 – 20 см, 3 – 30 см, 4 – 40 см

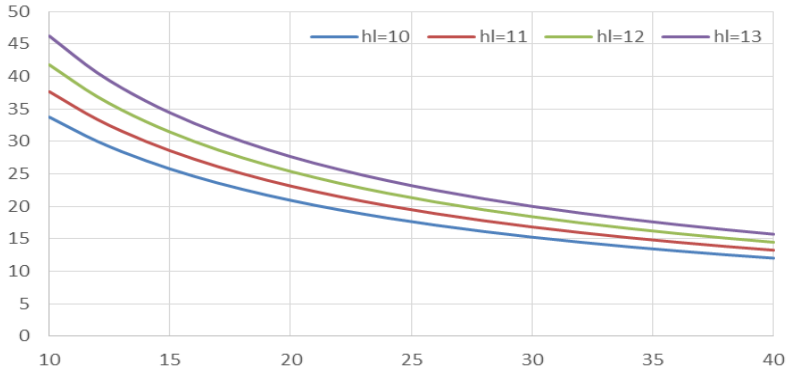


Рис. 4. Залежність змінення кута β від радіуса барабана $r_б$ за $h_н$ = 8 см, φ = 60° та значень h_1: 1 – 10 см, 2 – 11 см, 3 – 12 см, 4 – 13 см

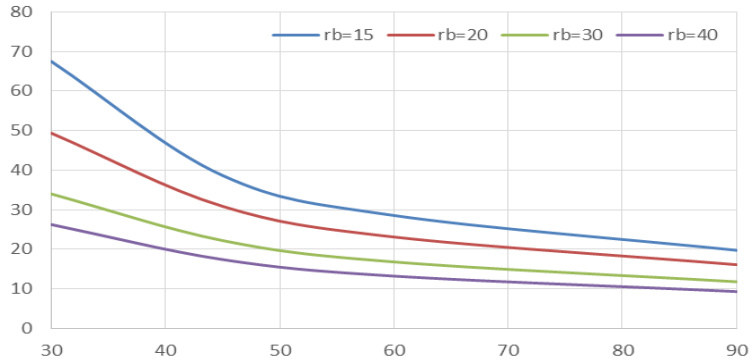


Рис. 5. Залежність змінення кута β від кута φ (кількості рядів ножів на барабані) за $h_н$ = 8 см, h_1 =11 см, радіуса барабана $r_б$: 1 – 15 см, 2 – 20 см, 3 – 30 см, 4 – 40 см

Аналізуючи залежність (10), відмітимо, що кут β буде тим менше, чим менше значення h_1. За рівності кута β нулю, швидкість $V_к$ точки K буде спрямовано по вертикалі. Такий напрямок швидкості проникнення ножа в рослинно-ґрунтове середовище уможливить зменшення сил тертя.

Проаналізуємо варіант встановлення ножа під певним кутом γ' до напрямку умовного радіуса, на кінці якого встановлено ніж (рис. 6).

На рисунку 6 наведено схему котка із встановленими під кутом γ' ножами. Кількість рядів ножів – шість. Центр мас котка C' переміщується ліворуч зі швидкістю V_c'.

Проаналізуємо положення повернутого ножа в рослинно-ґрунтовому середовищі за умови, коли перпендикуляр, що з'єднує задню стінку кріплення ножа до барабана із центром C', займе вертикальне положення.

Глибина проникнення в рослинно-ґрунтове середовище складає h_0'. Пряма $K' \cdot C_v'$ з'єднує крайні нижні точки ножа K' і C_v' і нахилена під кутом β', який дорівнює куту нахилу вектора швидкості $V_к'$ точки K'.

Відстань

$$C' \cdot C_v'' = r_б + h_н \cdot \cos\gamma', \quad (11)$$

$$C_v'' \cdot C_v' = h_н \cdot \sin\gamma' \quad (12)$$

представляє собою горизонтальне зміщення нижньої кромки ножа C'_v від вертикальної лінії $C' \cdot C''_v$.

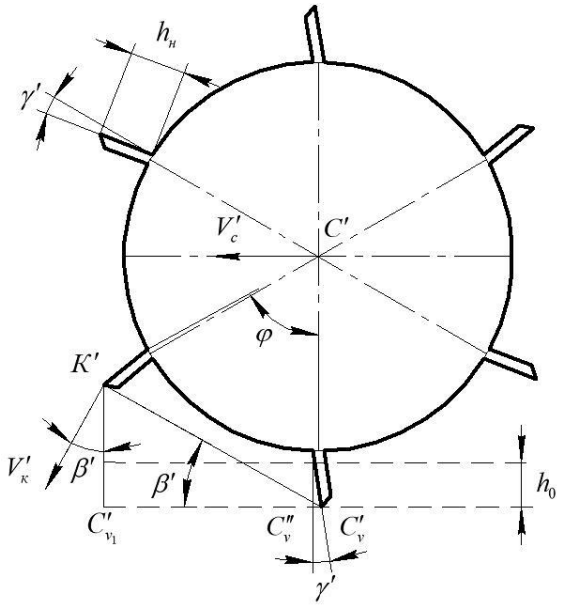


Рис. 6. Схема взаємодії ножа, зміщеного на кут γ′ у бік обертання барабана, із рослинно-ґрунтовим середовищем

Провівши аналогічні вищенаведеним перетворення, отримаємо

$$\beta' = \arccos\sqrt{1 - \left(\frac{h'_1}{2 \cdot \sin\frac{\varphi}{2} \cdot \sqrt{(r_б + h_н)^2 + 2 \cdot r_б \cdot h_н \cdot (\cos\gamma') - 1}} \right)^2}. \qquad (13)$$

На рисунку 7 побудовано залежність змінення кута β' від радіуса барабана $r_б$ за $h_н = 8$ см, $\varphi = 60°$ та значень $h_1 = 11$: 1 – 10 см, 2 – 11 см, 3 – 12 см, 4 – 13 см, а на рисунок 7 залежність змінення кута β' від кута φ (кількості рядів ножів на барабані) за $h_н = 8$ см, $h_1 = 11$ см, радіуса барабана $r_б$: 1 – 15 см, 2 – 20 см, 3 – 30 см.

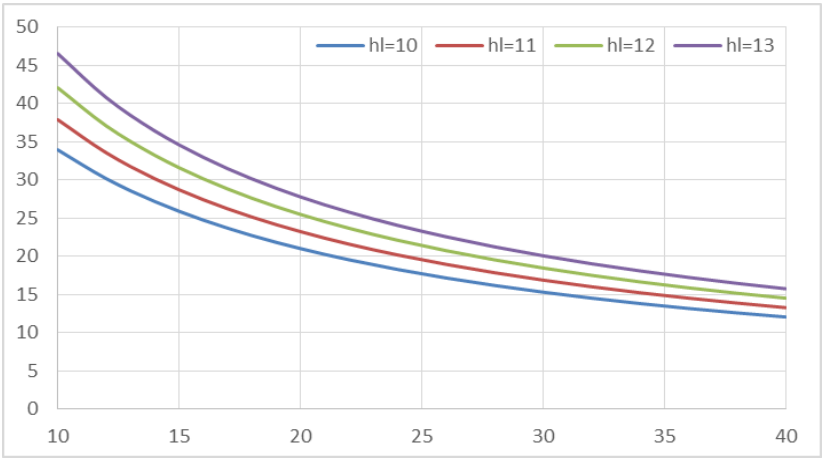


Рис. 7. Залежність змінення кута β′ від радіуса барабана $r_б$ за $h_н$ = 8 см, φ = 60° та значень h_1: 1 – 10 см, 2 – 11 см, 3 – 12 см, 4 – 13 см

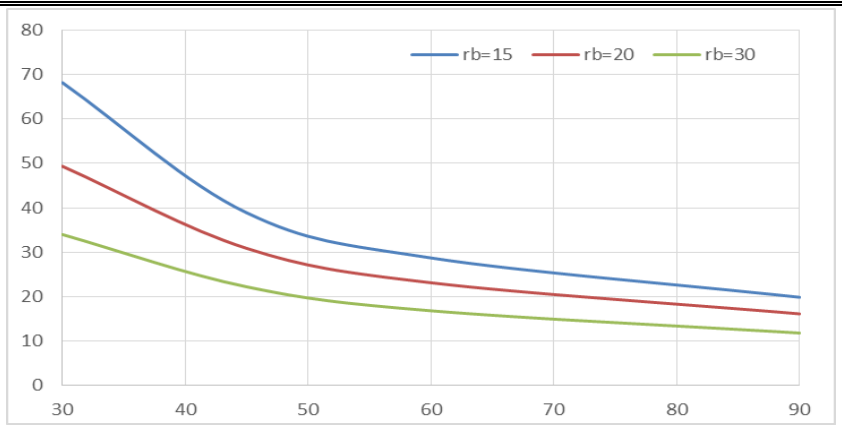


Рис. 8. Залежність змінення кута β´ від кута φ (кількості рядів ножів на барабані) за $h_н$ = 8 см, h_1 = 11 см, радіуса барабана $r_б$: 1 – 15 см, 2 – 20 см, 3 – 30 см

Аналізуючи залежності (10) і (13), відмітимо, що за умови зменшення h_1 і h_1' буде змінюватися і значення кутів β і β'. За значення $h_1 = 0,$ і $h_1' = 0,$ відповідні кути β і β' також будуть дорівнювати нулю. Швидкості $V_к$ і $V_к'$ за таких умов будуть спрямовані по вертикалі донизу, тобто проникнення ножа в рослинно-ґрунтове середовище буде відбуватися по вертикалі. Сили тертя за такого варіанту проникнення ножа в рослинно-ґрунтове середовище будуть меншими, ніж за кутів β і β' більше нуля.

Висновки

1. За допомогою аналітичного способу досліджено процес взаємодії ножа котка-подрібнювача із рослинно-ґрунтовим середовищем. За умови збігу напрямку встановлення ножа із радіусом барабана виявлено залежність (10), згідно з якою з'ясовано вплив на кут β конструкційних параметрів (радіуса барабана $r_б$, ширини ножа $h_н$, кута φ) та технологічного параметра h_1, яким визначено відстань від точки K до горизонтальної лінії найбільшого проникнення ножів у рослинно-ґрунтове середовище.

2. За умови зміщення на кут γ' напрямку встановлення ножів відносно радіуса барабана котка у бік, що збігається із напрямком обертання барабану, встановлено залежність (13), згідно з якою з'ясовано вплив на кут β' (кут між вертикаллю та направленням швидкості прикінцевої точки ножа K'), конструкційних параметрів (радіуса барабана $r_б$, ширини ножа $h_н$, кутів φ та γ'), а також технологічного параметру h_1, яким визначено відстань від точки K' до горизонтальної лінії найбільшого проникнення ножів в рослинно-ґрунтове середовище.

References

1. Voinovskyi, V. (2020). Lehka tekhnika dlia podribnennia roslynnykh reshtok. *Propozytsiia*, 7-8. Retrieved from: https://propozitsiya.com/ua/legka-tehnika-dlya-podribnennya-roslynnyh-reshtok [In Ukrainian].

2. Trubilin, E. I., Sokht, K. A., & Konovalov, V. I. (2013). Rabochie organy diskovyh boron i lushilnikov. *Politematicheskij Setevoj Elektronnyj Nauchnyj Zhurnal Kubanskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*, 91 (07), 1376–1382. [In Russian].

3. Kobets A. S., Volyk, B. A., & Puhach, A. M. (2011). *Gruntoobrobni mashyny: teoriia, konstruktsiia, rozrakhunok: monohrafiia.* Dnipropetrovsk: Svidler A. L. [In Ukrainian].

4. Konovyi, A. V., & Volyk, B. A. (2020). Obhruntuvannia konstruktsii katka-podribniuvacha dlia roboty po ahrofonu roslynnykh reshtok hrubosteblovykh kultur. *Tekhnichne zabezpechennia innovatsiinykh tekhnolohii v ahropromyslovomu kompleksi: materialy I Mizhnarodnoii naukovo-prakichnoii internet-konferentsii.* Melitopol: TDATU [In Ukrainian].

5. Kotsiubanskyi, R. V., & Volskyi, V. A. (2020). Dyskovi znariaddia ta kotky-podribniuvachi. *Agroelita. Vseukrainskyi Ahrarnyi Zhurnal*, 6. Retrieved from: https://agroelita.info/dyskovi-znaryaddya-ta-kotky-podribnyuvachi/ [In Ukrainian].

6. Shatrov, R., Opalko, V., & Marchenko, V. (2017). Tekhnolohii ta zasoby mekhanizatsii mulchuvannia gruntu. *Agroexpert*, 10. Retrieved from: https://agroexpert.ua/tekhnolohii-ta-zasoby-mekhanizatsii-mulchuvannia-gruntu/ [In Ukrainian].

7. Bulgakov, V., Aboltins, A., Beloev, H., Nadykto, V., Kyurchev, V., Adamchuk, V., & Kaminskiy, V. (2021). Experimental investigation of plow-chopping unit. *Agriculture (Switzerland)*, 11 (1), 1–14. doi: 10.3390/agriculture11010030

8. Nadykto, V., Ivanov, S., & Kistechok O. (2017). Investigation of the draft-and-power, and agrotechnical indicators of the work of a ploughing aggregate, created according to the scheme 'push-pull'. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 62, 136–139.

9. Bohatyrov, D. V., Salo, V. M., Leshchenko, S. M., & Machok, Yu. V. (2015). Eksperymentalni doslidzhennia vplyvu shvydkosti rukhu kotka-podribniuvacha na yakist podribnennia roslynnykh reshtok kukurudzy. *Silskohospodarski mashyny*, 31, 10–17. [In Ukrainian].

10. Sheichenko, V., Volskyi, V., Kotsiubanskyi, R., Dnes, V., Shevchuk, M., Bilovod, O., & Drozhchana, O. (2021). Design of a roll crusher for sunflower stems and substantiation of the rational modes of its operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6, 1 (114), 28–37. doi: 10.15587/1729-4061.2021.244903

11. Ashford, D. L., & Reeves, D. W. (2003). Use of a mechanical roller-crimper as an alternative kill method for cover crops. *American Journal of Alternative Agriculture*, 18 (1), 37–45. doi: 10.1079/ajaa2003037

12. Li, Y., Song, J., Kang, X., Dong, X., Jiang, H., & Peng, W. (2013). Experiment on twin-roller cultivator for straw returning. *Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 44 (6), 45–49. doi: 10.6041/j.issn.1000-1298.2013.06.009

13. Wu, S. H., & Gao, J. (2011). Study on the Technics Principle for Stalk and Stubble Chopper Based on No-Tillage Planter. *Advanced Materials Research*, 230-232, 1039–1044. doi: 10.4028/www.scientific.net/amr.230-232.1039

14. Yisa, M. G., Terao, H., Noguchi, N., & Kubota, M. (1998). Dynamics of Tractor-implement Combinations on Slopes (Part III): Stability Regions and Optimum Design Parameters. *Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University*, 68, 1–17.

15. Zhou, H., Zhang, J., Xia, J., Tahir, H., Zhu, Y., & Zhang, C. (2019). Effects of subsoiling on working quality and total power consumption of high stubble straw returning machine. *International Journal of Agricultural and Biological* Engineering, 12, 56–62. doi: 10.25165/j.ijabe.20191204.4608

16. Behera, A., Raheman, H., & Thomas, E. (2021). A comparative study on tillage performance of rota-cultivator (a passive – active combination tillage implement with rotavat or an active tillage implement). *Soil and Tillage Research*, 207, 104861. doi: 10.1016/j.still.2020.104861

17. Gürsoy, S., Kolay, B., Avsar Ö., & Sessiz A. (2015). Evaluation of wheat stubble management practices in terms of the fuel consumption and field capacity. *Research in Agricultural Engineering*, 61 (3), 116–121. doi: 10.17221/77/2013-rae

18. Sheichenko, V., Chernovol, M., Volskyi, V., & Kotsiubanskyi, R. (2021). Research of influence of the scheme of an arrangement of knives of a cat-shredder on indicators of quality of crushing of stalks of sunflower. *National Interagency Scientific and Technical Collection of Works. Design, Production and Exploitation of Agricultural Machines*, (51), 78–88. doi:10.32515/2414-3820.2021.51.78-88

19. Linnik, M., Volsky, V., & Kotsiubynsky, R. (2019). Systematic approach to the substantiation of the technological scheme and structure of a combined machine for cultivating corn stubble. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 104 (4), 99–105. doi: 10.31521/2313-092x/2019-4(104)-11

20. Salo, V. M., Bohatyrov, D. V., Leshchenko, S. M., & Savytskyi, M. I. (2014). Vitchyzniane tekhnichne zabezpechennia suchasnykh protsesiv u roslynnytstvi. *Tekhnika i Tekhnolohii APK*, 10 (61), 16–19. [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 29.04.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Шейченко В. О., Вольський В. А., Коцюбанський Р. В., Скоряк Ю. Б., Прілєпо Н. В. Аналіз роботи ножів котка-подрібнювача за умови його кочення по ґрунту. *Вісник ПДАА.* 2022. № 2. С. 296–306.

© Шейченко Віктор Олександрович, Вольський Володимир Анатолійович, Коцюбанський Ростислав Васильович, Скоряк Юлія Борисівна, Прілєпо Наталія Володимирівна, 2022