

УДК 338.439.4:631.151.2:504.7

Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Полтавський державний аграрний університет (ПДАУ)
36003 м. Полтава, вул. Сковороди, 1/3, тел. (0532) 50-02-73

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Ректор Полтавського державного
аграрного університету, професор

_____ Валентина АРАНЧІЙ

2021.11.25

З В І Т
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ
ЗА ДОГОВОРОМ ІЗ СФГ «ДОСЛІДНЕ» ВІД 29 КВІТНЯ 2021 РОКУ,
№ 5
«ВИЗНАЧЕННЯ АГРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ҐРУНТУ ТА
ВМІСТУ ПОЖИВНИХ РЕЧОВИН В МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВАХ».
(заключний)

Керівник науково дослідної роботи:
професор кафедри біотехнології та хімії
Полтавського державного аграрного університету,
кандидат хімічних наук, доцент
Ірина КОРОТКОВА
2021

Рукопис закінчено 23.11.2021
Звіт НДР рецензований і затверджений
Вченою Радою Полтавського ДАУ
протокол № ____ від ____ грудня 2021 року

Список авторів

Професор кафедри біотехнології та хімії, кандидат хімічних наук, доцент	25.11.2020	Ірина КОРОТКОВА (Виконання досліджень, публікація результатів досліджень в фахових наукових виданнях, участь у конференціях, реферат)
Професор кафедри біотехнології та хімії, доктор хімічних наук, ст.н.с.	25.11.2020	Тамара САХНО (Виконання досліджень, наукове обґрунтування результатів досліджень)
Зав. кафедрою рослинництва, доктор с.-г. наук, ст.н.с.	25.11.2020	Володимир ГАНГУР (Аналіз, обробка результатів дослідження; наукове обґрунтування застосування перспективних препаратів (добрив) з метою підвищення продуктивності і поліпшення якості врожаю сільськогосподарських культур господарства)
Професор кафедри селекції, насінництва і генетики, доктор с.-г. наук, доцент	25.11.2020	Микола МАРЕНИЧ (Аналіз, обробка результатів дослідження; наукове обґрунтування застосування перспективних препаратів (добрив) з метою підвищення продуктивності і поліпшення якості врожаю сільськогосподарських культур господарства)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 27 с., 4 табл. 18 літературних джерел

Об'єкт досліджень – склад карбамідно-аміачних сумішей, рідких комплексних та гранульованих добрив, вміст основних елементів живлення рослин у ґрунті.

Мета роботи – встановити відповідність складу добрив ТУ, що надає виробник, з підготовкою рекомендацій господарству щодо їх використання та виконання дослідження вмісту поживних елементів у ґрунті за різних систем удобрення.

Методи досліджень – лабораторні (фотометричний, з використанням іонселективних електродів та приладу для визначення електропровідності ґрунтів).

Результати досліджень: встановлено, що задля досягнення високої ефективності використання добрив: карбамідно-аміачних сумішей, рідких комплексних добрив при вирощуванні сільськогосподарських культур в СФГ «Дослідне» слід проводити перевірку їх складу і з урахуванням визначеного вмісту та складу ґрунту розраховувати дози їх внесення.

КАРБАМІДНО-АМІАЧНА СУМІШ, РІДКІ КОМПЛЕКСНІ ДОБРИВА,
ГРУНТ.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА СКЛАДУ ДОБРИВ ТА РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	7
1. Застосування карбамідно-аміачних сумішей (КАС) в технологіях вирощування зернових культур	7
2. Розробка методики визначення концентрації карбамідно-аміачних сумішей (КАС)	9
3. Валідація методики	10
4. Етапи впровадження «Методики рефрактометричного визначення концентрації карбамідно-аміачної суміші	14
РОЗДІЛ 2 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	16
1. Застосування рідких комплексних добрив (РКД) та гранульованих добрив в технологіях вирощування зернових культур. Результати досліджень.	17
2. Вплив форм застосованих добрив на вміст основних елементів живлення у ґрунті. Результати досліджень стану ґрунтів.	20
ВИСНОВКИ	23
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	24
ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ	26

ВСТУП

Пріоритетним завданням сучасного сільськогосподарського виробництва є збільшення валового виробництва зерна зернових культур, серед яких особливе місце посідає пшениця озима. Відомо, що врожайність сільськогосподарських культур значною мірою залежить від типу ґрунту та його родючості. В той же час протягом останніх 20 років у сільськогосподарському виробництві України домінувала незбалансована і дефіцитна система землеробства, яка зумовила втрату ґрунтами України 0,5% гумусу. Врожаї останніх років в основному формувалися за рахунок вичерпування природної родючості ґрунту, що призводило до поступового збіднення її потенційної частини. Навіть удобрення сільськогосподарських культур малими дозами гною і туків не забезпечувало відтворення родючості ґрунтів. Тривале застосування інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур у господарствах України призвело до поступового зниження родючості ґрунтів. За останні роки через техногенне забруднення посилився процес деградації ґрунтового покриву України. Але найбільш небезпечним для навколишнього природного середовища стало забруднення ґрунтів важкими металами, радіонуклідами та збудниками хвороб. Отже, стан використання та охорони ґрунтових ресурсів характеризується як незадовільний і має тенденцію до погіршення, що потребує нових наукоємних підходів до ведення господарювання.

Однак, в інтенсивному землеробстві врожайність сільськогосподарських культур залежить від природної родючості ґрунтів лише на 25 %. Застосування добрив забезпечує від 30 до 60 % урожаю, якісне насіння – 5–20 %, засоби захисту рослин – 5–15 % [1]. Такий розподіл впливу на врожайність сформувався завдяки впровадженню нових технологій застосування простих і комплексних добрив, збалансованості останніх за макро- і мікроелементним складом згідно з потребами конкретної культури для конкретних умов вирощування [2]. Як

відомо, мінеральне живлення – фактор, що піддається регулюванню. Найважливішим при цьому є підвищення коефіцієнтів використання елементів із добрив, адже рослина використовує лише частину поживних речовин, які містяться в ґрунті або вносяться з останніми. Водночас підвищені дози мінеральних добрив, перш за все азотних, здатні викликати токсикози в рослин.

Серед макроелементів азот є одним із біогенних елементів, без якого неможливий синтез білків, амінокислот, ензимів. Встановлено, що 2/3 усієї кількості азоту зернові культури поглинають у період від відновлення весняної вегетації до початку колосіння.

В умовах інтенсивного ведення сільського господарства, у зв'язку з урбанізацією, основна частина товарної продукції рослинництва вивозиться в міста і експортується в інші країни. З цією продукцією відчужується значна маса зв'язаного азоту, яку слід повернути в ґрунт із добривами. Останні повинні компенсувати й інші статті втрат азоту з ґрунту. Тому застосування саме азотних добрив, їхні форми, строки і способи їх внесення залишаються актуальними питаннями сучасного рослинництва, гостроту яких посилює економічна ефективність.

Враховуючи наявні теоретичні та практичні здобутки, сільгоспвиробники можуть досягти високого рівня врожайності зернових, з використанням технологій, що передбачають застосування як азотних добрив, переважно, у вигляді аміачної селітри, так і комплексних добрив. Поява на ринку азотних добрив – карбамідно-аміачної суміші (КАС) та рідких комплексних добрив (РКД), викликає певний інтерес до вивчення їх складу та ефективності застосування.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА СКЛАДУ ДОБРИВ ТА РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Застосування карбамідно-аміачних сумішей (КАС) в технологіях вирощування зернових культур

Перелік азотних добрив, які використовуються в Україні, досить обмежений. Переважно це тверді амонійні, амонійно-нітратні й амідні, а також рідкі (аміачна вода й безводний аміак) добрива. Рідке азотне добриво КАС відоме досить давно, проте актуальності й популярності застосування набуває лише протягом останніх років. Це добриво є сумішшю концентрованих водних розчинів карбаміду і аміачної селітри, масова частка яких складає відповідно 31–36 і 40–44 %. Промисловість випускає три форми цього добрива: КАС-28, КАС- 30, КАС-32, із умістом діючої речовини відповідно 28, 30 і 32 %.

КАС має ряд переваг порівняно з іншими азотними добривами. Це добриво включає три форми азоту: амонійну (5,0–6,4 %), нітратну (5,0–6,4 %) і амідну (18,0–19,2 %). Такий склад забезпечує пролонговану дію, тобто рослина забезпечена азотом у різних його формах протягом усього періоду вегетації, оскільки кожна із зазначених форм має свої особливості поведінки у ґрунті, доступності рослинам і засвоєння останніми. Ця особливість актуальна і для зернових культур, що протягом вегетації проявляють не лише потребу в азотному живленні, а й чутливість до форм азоту на різних етапах органогенезу. Амонійний і нітратний азот необхідний для відновлення весняної вегетації пшениці озимої, наростання її біомаси, проходження фотосинтезу й інших важливих фізіологічних процесів. Амідна форма азоту сприяє синтезу білків, а отже, підвищенню якості зерна. Тому, особливості застосування КАС в процесі удобрення зернових культур викликає науковий і виробничий інтерес [3].

Важливим елементом є те, що за умов внесення КАС відсутня

конкуренція між добривом і вологою, що актуально за сучасних кліматичних умов для всієї території України. Перевага КАС, перш за все, у її фізичному стані. Застосування розчину зменшує або виключає такі негативні моменти внесення твердих добрив як опіки рослин, перебування добрив тривалий час у нерозчиненому, а отже, недоступному стані [4]. За умов використання КАС досягаються високі точність дозування і рівномірність розподілу, що підвищує позиційну доступність азоту, а також коефіцієнт його засвоєння рослиною, поліпшується фітосанітарний стан ґрунту [5]. Високотехнологічні господарства розвинутих країн і України практикують механізоване прикореневе і кореневе внесення КАС під зернові культури, із використанням високопродуктивних оприскувачів й інжекторної техніки. Такі технологічні прийоми дозволяють знизити норму азоту до 20 %, а також запобігти втратам азоту в атмосферу, оскільки КАС не містить вільного аміаку [6, 7]. Разом із КАС в одній баковій суміші вносять мікродобрива, пестициди, регулятори росту, що істотно скорочує витрати на внесення засобів хімізації, дозволяє зменшити дози хімікатів на 10–30 %, запобігти ущільненню ґрунту. Також КАС вносять з поливною водою. Поряд із вагомими перевагами КАС як добрива, питання його практичного застосування під зернові культури вивчені недостатньо. Залишаються відкритими питання механізму засвоєння його рослинами за різних способів внесення та визначення етапів онтогенезу, за якими використання КАС буде найбільш ефективним.

Дослідження динаміки накопичення сухої речовини рослинами пшениці озимої показали, що переважна кількість елементів живлення поглинається рослинами від часу весняного відновлення вегетації до початку колосіння. Від фази колосіння до фази цвітіння накопичення сухої речовини послаблюється. Це пов'язане з тим, що в період утворення репродуктивних органів використовується більша кількість енергії, яка отримується за рахунок пластичних речовин вегетативних органів, у першу чергу листків, вага яких до цього часу помітно зменшується. Від початку

формування зерна потреба рослин в азоті знову зростає, і за нормальних умов розвитку в період формування і наливу зерна вона використовує 25–30 % загальної його кількості. Така динаміка вказує на те, що дефіцит азоту в зазначений період негативно відобразиться на формуванні й наливі зерна, а отже – на врожайності й білковості зерна. У цьому аспекті пізніє підживлення КАС може стати ефективним заходом підвищення продуктивності зернових, яка зазнає дефіциту азотного живлення [8].

На сучасному ринку України представлений доволі різноманітний видовий склад азотних добрив, до переліку яких входять три марки карбамідно-аміачних сумішей (КАС-28, КАС-30, КАС-32). Але, на жаль, виробники даних добрив не завжди достовірно представляють інформацію про їх склад, тому дбайливі керівники сільгосп підприємств піклуються про їх якість і тому проводять додатковий контроль за їх вмістом шляхом звернення до атестованих лабораторій.

2. Розробка методики визначення концентрації карбамідно-аміачних сумішей (КАС)

Навчально-наукова лабораторія загальної біотехнології створена у 2019 році на кафедрі Біотехнології та хімії Полтавської державної аграрної академії. У липні 2020 року лабораторія була атестована ДП «Полтавський регіональний науково-технічний центр стандартизації, метрології та сертифікації» на право проведення вимірювань за 7 показниками контролю якості ґрунтів, води, комбікормів, сировини рослинного походження з отриманням Свідоцтва за № 043-20 чинним до 06 липня 2023 року.

Але у Сфері процесів вимірювань, що є додатком до Свідоцтва, не було



передбачене визначення складу КАС. Тому, викладачами кафедри на основі джерела Application Report, C76IA004RU-A, www.anton-paar.com було розроблено «Методику рефрактометричного визначення концентрації карбамідно-аміачної суміші», яка дозволяє на основі показника заломлення і питомої ваги рідини проводити визначення концентрації нітрату амонію, сечовини, загального азоту і води в карбамідно-аміачних сумішах.

Принцип методу базується на одночасному визначенні питомої ваги при температурі 15⁰С і значення показника заломлення при 30⁰С рідкого добрива карбамідно-аміачної суміші (КАС). Для виконання досліджень було придбано необхідні реактиви та обладнання, серед яких сучасний Рефрактометр лабораторний Abbe 2WAJ, за допомогою якого проводили визначення показника заломлення (n_D) добрив за температури 30⁰С. Після визначення питомої ваги (ρ) при температурі 15⁰С проводили відповідні розрахунки за формулами:

$$\text{Азот нітратний [\%]} = 42.8 + \frac{[-(1.81649 * n_D) + (1.32456 + \rho)]}{0.00235}$$

$$\text{Сечовина [\%]} = 31.9 - \frac{[-(3.17199 * n_D) + (3.28537 + \rho)]}{0.00291}$$

$$\text{H}_2\text{O [\%]} = 100 - \text{Азот нітратний [\%]} - \text{Сечовина [\%]}$$

$$\text{Азот загальний [\%]} = 0.35 * \text{Азот нітратний [\%]} + 0.47 * \text{Сечовина [\%]}$$

3. Валідація методики:

Для підтвердження достовірності виконання вимірів було виконано валідацію методики (оцінку методики проведення аналізу). В ході процедури було доведено, що тестована методика повністю придатна для визначення складу КАС за означеними компонентами. Оцінку проводили за наступними критеріями:

1. Діапазон вимірювань;
2. Межа виявлення;
3. Точність методики;
4. Лінійність;

5. Повторюваність.

Тестування проводили наступним чином:

I. Розчин КАС 32 з відомою концентрацією (ТУ У 24.1-00203826.024-2002) вимірювали 3 рази, щоб перевірити обґрунтованість модельних розрахунків.

Очікуваний результат = **КАС 32**

Параметр	ρ_1	ρ_2	ρ_3	$\rho_{\text{сер}}$
ρ	1.3230	1.3227	1.3228	1.3228
n_D	1.4570	1.4570	1.4560	1.4565

На основі середніх значень $\rho (15^\circ\text{C})=1.3228$; $n_D(30^\circ\text{C})=1.4565$ виконали розрахунки:

$$1. \text{ Азот нітратний } [\%] = 42.8 + \frac{[-(1.81649 \cdot n_D) + (1.32456 + \rho)]}{0.00235} = 42.8 + \frac{[-(1.81649 \cdot 1.4565) + (1.32456 + 1.3228)]}{0.00235} = 42.8 + \frac{[-(2.64572) + (2.64736)]}{0.00235} = 42.8 + \frac{0.00164}{0.00235} = 42.8 + 0.69787 = 43.5\%$$

$$2. \text{ Сечовина (карбамід) } [\%] = 31.9 - \frac{[-(3.17199 \cdot 1.4565) + (3.28537 + 1.3228)]}{0.00291} = 31.9 - \frac{[-(4.62000) + (4.60817)]}{0.00291} = 31.9 - \frac{(-0.01183)}{0.00291} = 31.9 + 4.065 = 35.96 = 36\%$$

$$3. \text{ H}_2\text{O} [\%] = 100 - 43.5 - 36 = 20.5\%$$

$$4. \text{ Азот загальний } [\%] = 0.35 \cdot 43.5 + 0.47 \cdot 36 = 15.225 + 16.92 = 32.145\%$$

Відповідно до ТУ У 24.1-00203826.024-2002 в КАС 32:

1. **Масова частка аміачної селітри** – 43.0–48.0%, (сер.=45.5%) (**43.5%**)
 Абсолютна похибка вимірювань $\Delta_{\text{абс}} = C_{\text{теор}} - C_{\text{справ}} = 45.5 - 43.5 = 2.0\%$
 Відносна похибка $\Delta\% = \frac{\Delta_{\text{абс}} \cdot 100}{C_{\text{справ}}} = \frac{2 \cdot 100}{43.5} = 4.6\%$

2. **Масова частка карбаміду** – 33.0–37.0% (сер.=35.0%) (**36.0%**)
 Абсолютна похибка вимірювань $\Delta_{\text{абс}} = C_{\text{теор}} - C_{\text{справ}} = 36.0 - 35.0 = 1.0\%$

$$\text{Відносна похибка } \Delta\% = \frac{\Delta_{абс} \cdot 100}{C_{справ}} = \frac{1 \cdot 100}{36.0} = 2.8\%$$

3. **Масова частка загального азоту** – 31.0–33.0% (сер.=32.0%) (**32.1%**)

$$\text{Абсолютна похибка вимірювань } \Delta_{абс} = C_{теор} - C_{справ} = 32.1 - 32.0 = 0.1\%$$

$$\text{Відносна похибка } \Delta\% = \frac{\Delta_{абс} \cdot 100}{C_{справ}} = \frac{0.1 \cdot 100}{32.1} = 0.31\%$$

II. Для отримання КАС 30, розчин КАС 32 розбавили дистильованою водою з розрахунку: до 93.75 г КАС 32 додали 6.25 г H₂O

Очікуваний результат = **КАС 30**

Параметр	ρ_1	ρ_2	ρ_3	$\rho_{сер}$
ρ	1.3024	1.3028	1.3025	1.3026
n_D	1.4480	1.4500	1.4470	1.4484

На основі середніх значень ρ і n_D виконали розрахунки:

$$\begin{aligned} 1. \text{ Азот нітратний } [\%] &= 42.8 + \frac{[-(1.81649 \cdot n_D) + (1.32456 + \rho)]}{0.00235} = 42.8 + \\ &\frac{[-(1.81649 \cdot 1.4484) + (1.32456 + 1.3026)]}{0.00235} = 42.8 + \frac{[-(2.63100) + (2.62716)]}{0.00235} = 42.8 - \\ &\frac{0.00384}{0.00235} = 42.8 - 1.6340 = 41.2\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Сечовина (карбамід) } [\%] &= 31.9 - \frac{[-(3.17199 \cdot 1.4484) + (3.28537 + 1.3026)]}{0.00291} = \\ &31.9 - \frac{[-(4.59431) + (4.58797)]}{0.00291} = 31.9 + \frac{(0.00634)}{0.00291} = 31.9 + 2.17869 = \\ &34.1\% \end{aligned}$$

$$3. \text{ H}_2\text{O } [\%] = 100 - 41.2 - 34.1 = 24.7\%$$

$$4. \text{ Азот загальний } [\%] = 0.35 \cdot 41.2 + 0.47 \cdot 34.1 = 14.42 + 16.03 = 30.4\%$$

Відповідно до ТУ У 24.1-00203826.024-2002 в КАС 30:

1. **Масова частка аміачної селітри** – 40.0 – 45.0 (сер.=42.5%) (**41.2%**)

$$\text{Абсолютна похибка вимірювань } \Delta_{абс} = C_{теор} - C_{справ} = 42.5 - 41.2 = 1.3\%$$

$$\text{Відносна похибка } \Delta\% = \frac{\Delta_{абс} \cdot 100}{C_{справ}} = \frac{1.3 \cdot 100}{41.2} = 3.2\%$$

2. **Масова частка карбаміду** – 31.0–35.0% (сер.=33.0%) (**32.08%**)

Абсолютна похибка вимірювань $\Delta_{абс} = C_{теор} - C_{справ} = 33.0 - 32.08 = 0.92\%$

$$\text{Відносна похибка } \Delta\% = \frac{\Delta_{абс} \cdot 100}{C_{справ}} = \frac{0.92 \cdot 100}{32.08} = 2.9\%$$

3. **Масова частка загального азоту** – 29.0–31.0% (сер.=30.0%) (**30.4%**)

Абсолютна похибка вимірювань $\Delta_{абс} = C_{теор} - C_{справ} = 30.4 - 30.0 = 0.4\%$

$$\text{Відносна похибка } \Delta\% = \frac{\Delta_{абс} \cdot 100}{C_{справ}} = \frac{0.4 \cdot 100}{30.4} = 1.3\%$$

II. Для отримання **КАС 28**, розчин **КАС 32** розбавили дистильованою водою з розрахунку: до 87.5 г **КАС 32** додали 12.5 г H_2O
Очікуваний результат = **КАС 28**

Параметр	ρ_1	ρ_2	ρ_3	$\rho_{сер}$
ρ	1.2753	1.2752	1.2751	1.2752
n_D	1.4380	1.4380	1.4370	1.4376

На основі середніх значень ρ і n_D виконали розрахунки:

$$\begin{aligned} 1. \text{ Азот нітратний } [\%] &= 42.8 + \frac{[-(1.81649 \cdot n_D) + (1.32456 + \rho)]}{0.00235} = 42.8 + \\ &\frac{[-(1.81649 \cdot 1.4376) + (1.32456 + 1.2752)]}{0.00235} = 42.8 + \frac{[-(2.61139) + (2.59976)]}{0.00235} = 42.8 - \\ &\frac{0.01163}{0.00235} = 42.8 - 4.9489 = 37.85\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Сечовина (карбамід) } [\%] &= 31.9 - \frac{[-(3.17199 \cdot 1.4376) + (3.28537 + 1.2752)]}{0.00291} = \\ &31.9 - \frac{[-(4.56005) + (4.56057)]}{0.00291} = 31.9 + \frac{(0.00052)}{0.00291} = 31.9 + 0.17869 = \\ &32.08\% \end{aligned}$$

$$3. \text{ H}_2\text{O} [\%] = 100 - 38.85 - 32.08 = 29.1\%$$

$$4. \text{ Азот загальний } [\%] = 0.35 \cdot 37.85 + 0.47 \cdot 32.08 = 13.2475 + 15.0776 = 28.3\%$$

Відповідно до ТУ У 24.1-00203826.024-2002 в КАС 28:

1. **Масова частка аміачної селітри** – 37.0 – 42.0 (сер.=39.5%) (**37.85%**)

Абсолютна похибка вимірювань $\Delta_{абс} = C_{теор} - C_{справ} = 39.5 - 37.85 = 1.65\%$

$$\text{Відносна похибка } \Delta\% = \frac{\Delta_{абс} \cdot 100}{C_{справ}} = \frac{1.65 \cdot 100}{37.85} = 4.3\%$$

2. **Масова частка карбаміду** – 29.0–33.0% (сер.=31.0%) (**32.08%**)

$$\text{Абсолютна похибка вимірювань } \Delta_{abc} = C_{теор} - C_{справ} = 32.08 - 31.0 = 1.08\%$$

$$\text{Відносна похибка } \Delta\% = \frac{\Delta_{abc} \cdot 100}{C_{справ}} = \frac{1.08 \cdot 100}{32.08} = 3.4\%$$

3. **Масова частка загального азоту** – 27.0–29.0% (сер.=28.0%) (**28.3%**)

$$\text{Абсолютна похибка вимірювань } \Delta_{abc} = C_{теор} - C_{справ} = 28.08 - 28.0 = 0.08\%$$

$$\text{Відносна похибка } \Delta\% = \frac{\Delta_{abc} \cdot 100}{C_{справ}} = \frac{0.08 \cdot 100}{28.3} = 0.28\%$$

Таким чином, результати запропонованої методики добре корелюють з експериментальними даними і дана методика може бути використана при визначенні концентрації рідких КАС.

4. Затвердження «Методики рефрактометричного визначення концентрації карбамідно-аміачної суміші»

Розроблена і апробована Методика рефрактометричного визначення концентрації карбамідно-аміачних сумішей була представлена для обговорення на засіданні вченої ради факультету агротехнологій та екології 12 травня 2021 року головою вченої ради, кандидатом сільськогосподарський, деканом факультету агротехнологій та екології Мреничем М.М., який зазначив, що дана Методика дозволяє проводити визначення основних форм азоту в карбамідно-аміачних сумішах, а представлені результати валідації та статистичної обробки свідчать про достовірність результатів досліджень в межах встановленої похибки.

Рішення членів вченої ради в кількості 20 осіб було прийнято рішення: затвердити «Методику рефрактометричного визначення концентрації карбамідно-аміачної суміші», розробленої на кафедрі біотехнології та хімії Полтавської державної аграрної академії та рекомендувати її до практичного використання при дослідженні рідких добрив КАС (Протокол № 10).


Наступним етапом впровадження методики було внесення її до Сфери застосування, на яку поширюється Свідоцтво про атестацію лабораторії, що було зроблено 17.06.2021 року.

Аркуш 1 аркушів 1
Доповнення від 17.06.2021
до додатку до свідоцтва
від 07.07.2020 № 043-20

ДОПОВНЕННЯ ДО СФЕРИ ПРОЦЕСІВ ВИМІРЮВАНЬ
навчально-наукової лабораторії загальної біотехнології
Полтавської державної аграрної академії,
на які поширюється свідоцтво про відповідність стану системи
вимірювань

Назва процесу вимірювань	Назва об'єктів вимірювань	Діапазон процесу вимірювань	Похибка процесу вимірювань
1	2	3	4
Органічна речовина	Ґрунт	До 3%	20%
Легкогідролізний азот		Від 3 до 5%	15%
Сульфати	Добрива	Більше 5%	10%
Концентрація карбамідно-аміачної суміші		Від 10 до 80 мг/кг Понад 80 мг/кг	± 15% ± 10%
		МВВ не визначений	0,14 %
		пр: від 1,4031 до 1,4600 р: від 1,2300 до 1,3300	± 0,0002 ± 1 кг/м ³

В.о. генерального директора
ДП «Полтавастандартметрологія» _____ Андрій ЧЕРКАШИН



Починаючи з даного часу лабораторія Загальної біотехнології почала виконувати дослідження на визначення вмісту компонентів КАС.

РОЗДІЛ 2

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Результати визначення показників КАС згідно даного Договору представлені у Таблиці 1.

Таблиця 1

Вміст основних компонентів у зразках КАС, представлених СФГ «Дослідне»

Параметри	20.04.21		17.05.21	18.03.21		17.02.21
	№ 1	№ 2		№1	№2	
Питома вага, г/мл	1,300	1,312	1,2918	1,3169	1,3014	1,3176
pH	8,0	7,75	6,56	7,78	8,03	6,66
Амонію нітрат, %	36,8	45,8	43,1	44,0	38,0	55,6
Карбамід (сечовина), %	39,7	30,0	28,6	33,0	38,4	17,6
Загальний азот, %	31,5	30,1	28,5	31,3	31,3	27,7
H ₂ O, %	23,6	24,2	28,3	23,6	23,6	-
Загальна мінералізація ppt	-	-	-	60,6	-	26,8

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що лише зразок добрива № 1 від 18.03.21 за містом компонентів відповідає КАС-32, тоді як зразок КАС № 2 від 20.04.21 відповідає КАС 30, зразок КАС від 17.05.21 відповідає КАС 28, а зразок №2 від 18.03.21 не відповідає жодному маркуванню.

У Таблиці 2 представлені дані, щодо результатів досліджень сумішей КАС з діамонійфосфатом (ДАФ), які широко використовуються при вирощуванні багатьох рослинних культур [9, 10] і впроваджуються в технологію вирощування зернових господарства за різних строків внесення в даному господарстві.

Таблиця 2

Вміст основних компонентів у зразках КАС та сумішей КАС з діамонійфосфатом (ДАФ), представлених СФГ «Дослідне»

Параметри	Результат				
	Отбор 11.05.21 Сканія cass-93ВО	Отбор 13.05.21 Сканія 00-45 ВС	Отбор 11.05.21 ДАФ СА 90-04ВК	Отбор 13.05.21 ДАФ СА 90-04ВН	Отбор 14.05.21 ДАФ СА 90-04ВК
Зовнішній вигляд	Рідина	Рідина	Рідина	Рідина	Рідина
Колір	Прозора	Прозора	Прозора	Прозора	Прозора
Питома вага, г/см ³	1,3188	1,3110	1,32	1,3138	1,3108
pH	8,1	8,15	8,1	8,04	8,09
Показник заломлення, nd	1,4607	1,4580	1,4610	1,4650	1,4600
Амонію нітрат, %	38,6	37,3	38,8	33,1	35,7
Карбамід (сечовина), %	41,9	41,6	41,8	48,3	43,9
Загальний азот, %	33,2	32,6	33,2	34,3	33,1
H ₂ O, %	19,5	21,1	19,4	18,6	20,4

1. Застосування рідких комплексних добрив (РКД) та гранульованих добрив в технологіях вирощування зернових культур

Рідкі добрива являють собою водні розчини або суспензії мінеральних і окремих органічних поживних компонентів. Серед них найпоширенішими є рідкі комплексні добрива (РКД), що містять два або три основні поживні елементи (N, P, K). Також до їх складу можуть входити макро- (Ca, Mg, S) і мікроелементи (Fe, Mn, B, Cu, Zn, Mo, Co).

За прогнозами експертів, розмір світового ринку рідких добрив, який у 2019 р. становив 2,5 млрд доларів досягне у 2025 р. 3,1 млрд доларів. Така тенденція пояснюється високою ефективністю такого типу добрив, простотою їх використання при поширенні високотехнологічного сучасного землеробства [11].

В Україні упродовж останніх років також відбувається активізація

інтересу аграріїв до застосування рідких комплексних добрив, причому як серед власників дрібних фермерських господарств, так і у великих агрохолдингів.

Основними перевагами рідких комплексних добрив є:

- повна доступність для рослин;
- показник рН в межах 5–7,7, що дає змогу використовувати на всіх типах ґрунтів;
- відсутність домішок і баласту, за необхідності до їх складу можуть вводитися інші компоненти (мікроелементи, регулятори росту, пестициди);
- повністю механізований спосіб транспортування і внесення у ґрунт;
- рівномірний розподіл по поверхні;
- скорочення втрат при транспортуванні, зберіганні і внесенні (для РКД цей показник не перевищує 1 %, тоді як для гранульованих може становити 10–15 %);
- висока економічна ефективність: дає можливість знизити витрати на придбання мінеральних добрив для проведення польових робіт на 20 %, а також вартість самих робіт – на 15–20 %.

Останніми роками збільшується обсяг суспендованих рідких комплексних добрив, в які дисперговано домішки нерозчинних у воді поживних компонентів та стабілізаторів, а також інших сполук, зокрема гербіцидів або пестицидів.

До основних переваг рідких комплексних добрив порівняно з твердими добривами слід також віднести їх технологічність, яка дає змогу оптимізувати процеси внесення добрив. У свою чергу це зумовлює зменшення витрат на внесення добрив на 30 % і водночас збільшує швидкість їх внесення у 2–3 рази.

Найбільш поширеного застосування комплексні добрива у рідкій і

водорозчинній формах знайшли в технологіях вирощування пшениці м'якої озимої – провідної сільськогосподарської культури. Важливою складовою ефективності дії таких добрив є їх використання для обробки насіння перед посівом або в основні фази розвитку рослин пшениці озимої, коли культура найбільш потребує та активно засвоює основні елементи. Це дасть можливість оптимізувати живлення рослин пшениці на кожному етапі її органогенезу.

Головною перевагою застосування комплексних хелатних добрив є їх біологічна доступність і малі дози внесення. Причому аграрії мають враховувати особливості комплексних рідких мінеральних добрив щодо внесення: тверді застосовують переважно у передпосівний період, поліфосфатні можуть вноситися на будь-якому етапі живлення рослин, хоча найефективнішим є припосівне внесення і міжрядкове підживлення. Те саме стосується й ортофосфатів. Проте саме поліфосфатні рідкі комплексні добрива можуть виступати повноцінними заміниками традиційних твердих азотно-фосфорних (NP) і азотно-фосфорно-калійних добрив (NPK).

Оскільки вміст основних поживних елементів ґрунту є вкрай динамічним і залежить від кліматичних, сезонних факторів, типу ґрунту та сільськогосподарських культур, їх видового складу і періоду вегетації, агрохімічне обстеження й обґрунтований підхід до використання добрив є запорукою для успішного ведення агробізнесу. Одним з елементів такого підходу є аналіз добрив, які застосовуються.

Згідно договору нами було виконано дослідження складових рідких комплексних добрив та гранульованих добрив, що застосовуються у господарстві. Результати визначень представлено у Таблиці 3.

Таблиця 3

Вміст основних елементів живлення в РКД та гранульованих добривах, що використовуються у СФГ «Дослідне»

Параметри	Гранульовані добрива	РКД		Гранульовані добрива	
	27.11.20	18.03.21	06.05.21	06.10.21	
	Нітроамофоска			Амофоска 2	Амофоска 1
Показник рН	-	7,2	7,79	-	-
Питома вага, г/мл	-	1,4030	1,3906	-	-
Загальна мінералізація, ррт	-	45,3	-	-	-
Загальний азот, %	10	3,0	8,0	8	8
Фосфор, %	22	7,8	24,0	19	21
Калій, %	26	15	20,0	26	24
Сульфур, %	2	-	-	-	-

2. Вплив форм застосованих добрив на вміст основних елементів живлення у ґрунті

Для подальшого розвитку оптимізації системи удобрення сільськогосподарських культур у сівозміні та розроблення практичних рекомендацій із застосування добрив, необхідно встановити, який саме елемент або елементи живлення, обумовлюють їх ефективність, визначити необхідну кількість засвоєних рослинами елементів живлення і використаних на формування врожаю, визначити частку засвоєних елементів живлення окремо з ґрунту і добрив за різного удобрення [12].

Теоретично і практично доведено, що реалізовувати потенційну продуктивність сільськогосподарських культур слід не за допомогою високих доз добрив, а оптимізацією всіх властивостей ґрунту і процесів, що забезпечують підтримку його родючості, створення сприятливих параметрів поживного, водного, повітряного режимів, відповідно до біологічних потреб рослин і оптимального рівня біологічної активності ґрунту без негативних змін стану мікробіоценозів [13].

Крім поживного і водного режиму рослини, у сучасних системах удобрення слід регулювати і такі показники, як реакцію ґрунтового

розчину, осмотичний тиск і окисно-відновний потенціал ґрунту. Відомо, що більшість сільськогосподарських культур добре розвиваються за реакції ґрунтового розчину, близької до нейтральної або слабкокислої чи слабко лужної [15].

Елементний склад рослин найбільше залежить від хімічного складу ґрунтового шару. [15]. Рослини добре реагують на підвищення вмісту рухомих сполук елементів живлення в ґрунті, а тому їх вміст у тканинах підвищується під впливом удобрення [16]. Для розрахунку доз добрив зазвичай користуються показником господарського винесення елементів живлення запланованим урожаєм, хоч це і не відповідає біологічним потребам культур для його формування. При цьому вважають, що частину елементів живлення рослини візьмуть з ґрунту, і з метою оптимізації їх живлення та забезпечення простого відтворення родючості ґрунту потрібно повернути лише ту кількість, яку буде витрачено на формування основного і нетоварного врожаю [17, 18].

Саме тому дози мінеральних добрив повинні відповідати збалансованому живленню рослин всіма біогенними елементами з урахуванням екологічних наслідків їх застосування. Оптимізація доз добрив під окремі культури у сівозмінах вимагає подальшого вдосконалення методів ґрунтової і комплексної діагностики потреби культур в окремих елементах живлення.

Нами виконано визначення вмісту основних елементів живлення у ґрунті після внесення гумінових добрив на основі леонардиту під пшеницю озиму різних сортів (Таблиця 4).

Як видно з отриманих даних, внесення гумінових добрив, в першу чергу, зумовлює збільшення показника рН, тобто ґрунт стає більш лужним порівняно з контролем. Крім того, внесення гуматів у ґрунт сприяє збільшенню вмісту фосфору в 1,8 разів на ділянках під пшеницею сорту Смоглянка і в 1,5 разів - під пшеницею сорту Кубус. Майже в 2,2-2,5 рази

збільшується вміст обмінного калію внаслідок застосування гуматів, однак, вміст азоту знизився на 6-8,6% відносно контролю.

Таблиця 4

Вплив гумінових добрив на основі леонардиту на вміст основних елементів живлення у ґрунті

Ґрунт				
Параметри	Пшениця «Смуглянка» без леонардиту № 291	Пшениця «Смуглянка» з леонардитом № 293	Пшениця «Кубус» без леонардиту № 292	Пшениця «Кубус» з леонардитом № 294
Показник рН	7,53	8,69	7,41	8,2
Електропровідність, μS	645	140	532	153
Азот, г/м ³	15,8	14,9	16,4	15,1
Фосфор, г/м ³	5,6	9,9	7,3	10,6
Калій, г/м ³	58,84	146,0	61,4	132,7

ВИСНОВКИ

На основі результатів проведених досліджень можна зробити наступні висновки і рекомендації господарству: Моніторинг та своєчасне регулювання в технологіях вирощування сільськогосподарських культур фізичних, фізико-хімічних та хімічних властивостей ґрунту повинен бути спрямований на забезпечення пасивної адсорбції у поглинанні рослинами поживних речовин, що супроводжується мінімальними витратами біологічної енергії рослини в процесі мінерального її живлення. За незбалансованого мінерального живлення рослин посилюються метаболічні процеси у бік несприятливого. Це викликає активну сорбцію, внаслідок якої відбувається додаткова витрата енергії для подолання енергетичного бар'єру, при цьому відбувається погіршення мінерального живлення, що знижує коефіцієнт засвоєння поживних речовин рослиною й урожайність сільськогосподарських культур. Тому, рекомендовано проводити контроль складу добрив та ґрунту орного шару на вміст основних елементів живлення рослин для розрахунку доз мінеральних добрив при вирощуванні рослинних культур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Желязков О. І. Ефективність застосування азотних добрив при вирощуванні пшениці озимої в умовах Північного степу. *Вісник ЖНАЕУ «Рослинництво, селекція і насінництво»*. 2015. № 1 (47). Т. 1. С 156-162.
2. Гончаренко Ю. Ноша сильного. *Зерно*. 2010. №. 4. С. 6-11.
3. Пасічник Н.А., Марчук І.У. Застосування КАС для підживлення пшениці озимої на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті. *Вісник ХНАУ. Агрохімія*. 2013. № 1. С.140-143.
4. Марчук І. У. Проблеми азоту в землеробстві. *Пропозиція*. 2010. № 1. С. 62-68.
5. Пасацька В.С., Починок Л.А., Гаврилюк Н.М. Вплив систем удобрення на фітосанітарний стан посівів пшениці озимої в зоні Північного Лісостепу. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*: зб. наук. праць. 2013. Вип. 17. Т. II. С. 185-188.
6. Heuermann D., Hahn H., von Wirén N. Seed Yield and Nitrogen Efficiency in Oilseed Rape After Ammonium Nitrate or Urea Fertilization. *Front. Plant Sci.* 2021. Vol. 11. P. 608785.
7. Witte C.-P. Urea metabolism in plants. *Plant Sci.* 2011. Vol. 180. P. 431-438.
8. Господаренко Г.М. Основні принципи побудови системи удобрення в польовій сівозміні. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Кн. 3. Харків, 2002. С. 200-203.
9. Tawaha A.R.M., Jahan N., Nidal odat Growth, Yield and Biochemical Responses in Barley to DAP and Chitosan Application under Water Stress. *J. Ecol. Eng.* 2020. Vol. 21. No 6. P.86-93.
10. Заречений В. Г., Вакал С. В., Карпенко Т. В. И др. Сравнительный анализ фосфорсодержащих минеральных удобрений, производимых на химических предприятиях Украины и Белоруссии. *Вісник*

Сумського державного університету. Серія: Технічні науки. 2002. № 9. С. 140-144.

11. Рідкі комплексні добрива: рекомендації з визначення основних фізико-хімічних показників (ТУ У 20.1-37040866-001:2019)/І.П. Яцук, С.А. Романова, А.С. Науменко, О.В. Дмитренко, М.О. Троїцький, Я.Ф. Жукова, Н.М. Литвиненко, Л.П. Молдаван, С.П. Ковальова, І.М. Рубан. Київ: Аграрна наука, 2020. 48 с.
12. Господаренко Г.М., Прокопчук І.В., Бойко В.П. Засвоєння основних елементів живлення соєю з ґрунту й добрив. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2020. Т. 89. С. 63-70
13. Волкогон В.В., Бердніков О.М., Лопушняк В.І. Екологічні аспекти системи удобрення сільськогосподарських культур. За ред. В.В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2019. 264 с.
14. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. Мінагрополітики, Центрдержродючість, НААНУ, ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського, НУБіП, 2010. 113 с.
15. Вибрані праці академіка В.І. Вернадського. Київ, 2011. Т. 1. Кн. 2. 584 с.
16. Діагностика стану хімічних елементів системи ґрунт–рослина/за ред. А.І. Фатєєва., В.П. Самохвалової. Харків: КП «Міськдрук», 2012. 146 с.
17. Neuberg M., Pavlíková D., Pavlík M., Balík J. The effect of different nitrogen nutrition on proline and asparagine content in plant. *Plant Soil Environ.* 2010. Vol. 56. No 7. P. 305–311
18. Hanhur V., Marenych M., Korotkova I., Gamayunova V., Len O., Marinich L., Olepir R. Dynamics of nutrients in the soil and spring barley yield depending on the rates of mineral fertilizers. *International Journal of Botany Studies*. 2021. Vol. 6. No 5. P. 1298-1306.

ПЕРЕЛИК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ

1. Hanhur V., Marenych M., Korotkova I., Gamayunova V., Len O., Marinich L., Olepir R. Dynamics of nutrients in the soil and spring barley yield depending on the rates of mineral fertilizers. *International Journal of Botany Studies*. 2021. Vol. 6. No 5. P. 1298-1306.
2. Ященко В.Л., Короткова І.В. Використання сумішей гумінових речовин і мінеральних добрив для підвищення урожайності зернових культур. *Інновації управління продуктивністю та поліпшення якості зерна пшениці озимої, присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (Полтава, 30 вересня 2021)*. Полтава: ПДАУ, 2021. С. 133-135.
3. Короткова І.В., Горобець М.В., Чайка Т.О. (2021). Вплив стимуляторів росту на продуктивність сортів ячменю ярого. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 20-30.
4. Horobets M., Chaika T., Korotkova I., Pysarenko P., Mishchenko O., Shevnikov M., Lotysh I. Influence of growth stimulants on photosynthetic activity of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) crops. *International Journal of Botany Studies*. 2021. Vol. 6. No 2. P. 340-345.
5. Korotkova I., Marenych M., Hanhur V., Laslo O., Chetveryk O., Liashenko V. Weed Control and Winter Wheat Crop Yield with the Application of Herbicides, Nitrogen Fertilizers, and Their Mixtures with Humic Growth Regulators. *Acta Agrobotanica*. 2021. Vol.74. Article748. <https://doi.org/10.5586/aa.748>
6. Короткова І.В. Біологічна активність гумінових кислот: взаємозв'язок структура – властивості: матеріали наук.-практ. конф. професорсько-викладацького складу Полтавської державної аграрної академії за підсумками науково-дослідної роботи в 2020 році (м. Полтава, 14 травня 2021 року). Полтава: РВВ ПДАА, 2021. С.144-146.

7. Вережак Д.В., Короткова І.В. Агрохімічний аналіз ґрунту – інструмент для правильного розрахунку норм та форм добрив при вирощуванні зернових культур: матеріали студ. наук. конф. Полтавської державної аграрної академії, 13 травня 2021 р. Том II. Полтава: РВВ ПДАА, 2021. С. 15-17.
8. Соляник В.А., Короткова І.В. Використання адьювантів у сільському господарстві: матеріали студ. наук. конф. Полтавської державної аграрної академії, 13 травня 2021 р. Том II. Полтава: РВВ ПДАА, 2021. С. 22-24.
9. Hanhur V., Marenych M., Korotkova I., Gamayunova V., Len O., Marinich L., Olepir R. Dynamics of nutrients in the soil and spring barley yield depending on the rates of mineral fertilizers. *International Journal of Botany Studies*. 2021. Vol. 6. No 5. P. 1298-1306.