

УДК 634.723:632.931.2:577.16

© 2011

*Шевчук Л.М., Ярещенко О.М., кандидати сільськогосподарських наук  
Інститут садівництва (ІС) НААНУ*

## ВПЛИВ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ ТА СОРТУ НА ВМІСТ ПОЛІФЕНОЛІВ У ПЛОДАХ ЧОРНОЇ СМОРОДИНИ (*RIBES NIGRUM L.*)

*Рецензент – кандидат біологічних наук О.І. Китаєв*

*Встановлено, що кількість поліфенолів у плодах чорної смородини залежить від погодних умов періоду їх росту і розвитку, регіону вирощування та генетичних особливостей сорту. Умови східного Лісостепу сприятливі для накопичення поліфенолів плодами сортів Козацька, Минай Шмирьов, Санюта і Черешнева, північної частини зони – Амеліста, Вернісажа, Володимирської, Ювілейної Копаня, Німфи та Радужної. Два останніх сорти при вирощуванні у Правобережному Лісостепу також містили максимальну кількість біологічно активних речовин цього класу. Методом регресивного аналізу доведено існування кореляційного зв'язку між погодними факторами та вмістом поліфенольних речовин у ягодах, на який позитивно впливає тепла й малозволожена погода у вищезгаданій період.*

**Ключові слова:** сорти чорної смородини, плоди, регіони вирощування, погодні умови, вміст поліфенолів.

**Постановка проблеми.** Погіршення екологічних умов, яке спостерігається останнім часом у світі, у тому числі і в нашій країні, ставить нові вимоги до продуктів харчування, які, в свою чергу, повинні бути наділені захисними функціями для організму, містити необхідну кількість біологічно активних речовин. Саме плоди чорної смородини мають цілий комплекс цих речовин, основними вітамінами якого є аскорбінова кислота та поліфеноли. До складу останніх входять речовини, наділені Р-активністю. Як стверджує Л.І. Вігоров, чорна смородина за вмістом значної кількості двох вітамінів у ягодах належить до бівітаміних культур [1]. Саме Р-активні речовини, що входять до класу поліфенолів, наділені лікувальними властивостями, зокрема судинно-зміцнювальними та антигіпертонічними [7].

**Аналіз основних досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання проблеми.** Дослідженнями впливу сорту та умов вирощування на вміст поліфенольних з'єднань у плодах займаються такі відомі російські вчені, як М.О. Макаркина, Н.С. Левгерова та Т.Г. Причко; із вітчизняних – Л.Ф. Скалецька та Н.М. Осокіна. Дослідження російських колег базувалися

лише на вітчизняному генотипі й за умов вирощування в Росії, а українських – на декількох сортах і чітко в одному регіоні вирощування.

Вітаміни групи Р здатні глибоко проникати у клітини капілярів та зміцнювати їх, а в синергізмі з аскорбіновою кислотою запобігати розвитку та сприяти лікуванню цілої низки небезпечних хвороб [4]. Ягоди чорної смородини в залежності від умов вирощування та сорту, спроможні накопичувати Р-активні речовини (антоціани та катехіни) в кількості, що вдвічі перевищує денну норму споживання, котра за складних екологічних умов сьогодення становить 50–70 мг/100 г сирової маси. Методом регресивного аналізу встановлено, що між вмістом поліфенолів та Р-активних речовин у ягодах досліджуваної культури існує прямий середній та сильний кореляційний зв'язок. Коефіцієнти кореляції знаходяться в межах від 0,543 до 0,996. Таким чином, чим більше поліфенолів накопичують плоди чорної смородини, тим більшою Р-активністю вони наділені.

Як стверджують білоруські вчені, кількість поліфенолів у плодах ягідних культур значною мірою залежить від погоди вегетаційного періоду. Зокрема, для накопичення речовин даного класу плодами суниці необхідно, щоб під час вегетації йшли дощі та було прохолодно, а інтенсивності процесів синтезу поліфенолів ягодами чорної смородини сприятиме значна кількість тепла й мала – вологі в даний сезон [8].

Ще однією цінною особливістю ягід чорної смородини є вміст у них фенолкарбонових кислот також із класу поліфенольних сполук, наділених антимікробною активністю, що обумовлюють забарвлення продукту (це досить важливо при переробці) [9].

**Мета і завдання досліджень,** які проводилися в ІС НААН, – встановлення впливу погодних умов періоду росту і розвитку плодів, регіону вирощування та сорту на кількість поліфенольних речовин у плодах чорної смородини. Визначення погодних факторів згаданого періоду, що сприяють і, навпаки, призупиняють синтез цих речовин ягодами досліджуваної культури, а та-

кож сортів плоди, яких за умов вирощування в тій чи іншій частині Лісостепу накопичують найбільше поліфенолів.

**Матеріали і методи досліджень.** Протягом 2000–2010 рр. вивчали дев'ятнадцять сортів чорної смородини. Плоди для досліджень відбирали в насадженнях розміщених у різних частинах Лісостепу України, зокрема східному, правобережному та у північній частині. Відбір зразків та лабораторні дослідження проводили згідно з “Методичними рекомендаціями проведення досліджень по питаннях зберігання та переробки” [5] та «Методикою оцінки якості плодово-ягідної продукції» [6]. Математичну обробку результатів виконували шляхом регресивного аналізу за методикою Б.А. Доспехова [2], а також за діючими методичними рекомендаціями з використанням персонального комп'ютера за відповідними програмами П.В. Кондратенка та М.О. Бублика [3]. Метеорологічні дані представлені групою метеорологів Інституту садівництва (ІС) НААН та його дослідних станцій.

Вплив зовнішніх чинників на вміст поліфенолів у плодах вивчали через 14 погоднокліматичних факторів, зокрема:  $\sum t_{\text{эф}} > 5 \text{ } ^\circ\text{C}$  – ефективних температур більше  $5 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $\sum t_{\text{эф}} > 10 \text{ } ^\circ\text{C}$  – ефективних температур більше  $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $\sum t_{\text{макс}} > 10 \text{ } ^\circ\text{C}$  – максимальних температур більше  $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{сер}} > 10 \text{ } ^\circ\text{C}$  – середніх температур більше  $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $\sum t_{\text{мін}}$  – мінімальних температур,  $^\circ\text{C}$ ;  $\sum d$  – кількість опадів, мм;  $\sum W_{\text{мін}}$  – мінімальної вологості повітря, %;  $\sum n_{W_{\text{мін}}} > 40 \%$  – днів з мінімальною вологістю повітря більше 40 %;  $\sum W_{\text{мін}} < 40 \%$  – мінімальної вологості повітря менше 40 %;  $\sum W_{\text{сер}}$  – днів із середньою вологістю повітря понад 40 %;  $\sum W_{\text{сер}} < 40 \%$  – середньої вологості повітря менше 40 %; ГТК – гідротермічний коефіцієнт.

Вивчення погоднокліматичних факторів у вищезгаданому інституті показало, що починаючи з другої половини дев'яностих років (1997–1998), у північній частині Лісостепу України підвищилися температурні показники повітря й знизилася його вологість. Спостерігається тенденція, що вологість повітря в ці роки на протязі як мінімум однієї декади на місяць, з квітня по червень, опускалася нижче за 40 %. Тому в основу нашого аналізу було взято погодні чинники, що визначають дану ситуацію.

**Результати досліджень.** У плодах чорної смородини, що вирощувалися на півночі Лісостепу України, поліфенольні речовини містилися в межах розмаху варіювання від 279 до 1063 мг/100г сирової маси. Ягоди сорту Черешнева, вирощені в цьому регіоні за суми опадів 167 мл,

середньодобових темпері повітря  $16,7 \text{ } ^\circ\text{C}$  і гідротермічного коефіцієнту (ГТК) 1,5 періоду росту та розвитку плодів 2005 року, мали саме таку мінімальну кількість поліфенолів (279 мг/100 г сирової маси). Плоди сортів Вернісаж, Санюта та Сюїта київська у цей рік також не відзначилися високим вмістом поліфенолів, – їх кількість становила 630, 576 та 539 мг/100 г сирової маси, відповідно. Максимальну ж кількість (809 мг/100 г сирової маси) біологічно активних речовин цього класу накопичували плоди Черешневої за суми опадів згаданого періоду 73,5 мл, середньодобових температур  $17,9 \text{ } ^\circ\text{C}$  та ГТК – 0,6, що було у 2009 році. Погодні умови цього року також сприяли нагромадженню значної кількості поліфенолів плодами сортів Черневої (959), Ювілейни Копаня (857), Радужної (667) та Вернісажа (894 мг/100 г сирової маси) (табл. 1).

Ягоди сорту Аметист та Володимирська стали рекордсменами в плані накопичення біологічно активних речовин класу поліфенолів (1063 та 928 мг/100 г сирової маси) за умов періоду росту та розвитку 2006 р. північної частини Лісостепу. В цей час на півночі Лісостепу опадів випало 277,1 мл, середньодобові температури становили  $17,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ , а ГТК – 2,0.

Вміст поліфенолів у плодах чорної смородини, вирощених у Правобережному Лісостепу, знаходився в межах від 358 до 926 мг/100 г сирової маси. Мінімальну кількість поліфенолів у даному регіоні накопичували ягоди сорту Санюта, урожаю 2010 року. Цього року за період росту й розвитку плодів чорної смородини опадів випало 380,7 мл, середньодобові температури повітря були  $17,9 \text{ } ^\circ\text{C}$ , а ГТК становив 3,1. За таких погодних умов у Правобережному Лісостепу низьку кількість поліфенолів синтезували ягоди сортів Ювілейна Копаня (413), Софіївська (405), Краса Львова (366) та Сюїта київська (417 мг/100 г сирової маси.) Умови періоду росту й розвитку плодів чорної смородини згаданого регіону (2007 року) за суми опадів 58,5 мл, середньодобових температур  $16,5 \text{ } ^\circ\text{C}$  та ГТК 0,5 сприяли накопиченню поліфенолів плодами сортів Санюта, Комфорт, Ювілейна Копаня, Лентяй та Шедевр – їх вміст становив 659, 533, 527, 594 та 438 мг/100 г сирової маси (табл.1).

Плоди сортів чорної смородини, вирощених у східному Лісостепу, накопичували поліфенолів від 416 до 989 мг/100 г сирової маси. Саме таку мінімальну кількість поліфенолів накопичували ягоди Сюїти київської у 2010 році за середньодобових температур  $20,4 \text{ } ^\circ\text{C}$ , суми опадів 137,3 мл і ГТК 0,9 періоду їх росту та розвитку.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

**1. Вміст поліфенолів у плодах чорної смородини, вирощених у різних частинах Лісостепу України (середньобагаторічне, 2000–2010 рр.)**

Сорт	Кількість років досліджень	$\bar{x} \pm t$	max–min	Коефіцієнт варіації, V, %
<i>Східний Лісостеп</i>				
Аметист	4	782 ± 126,7	989–548	23,4
Козацька	3	676 ± 36,4	706–622	7,0
Минай Шмирьов	4	618 ± 32,0	673–569	7,1
Санюта	4	721 ± 109,2	861–590	18,0
Сюїта київська	3	659 ± 162,2	847–416	33,5
Черешнева	3	650 ± 44,6	717–607	9,1
Ювілейна Копаня	3	654 ± 56,0	733–570	12,5
<i>Середнє</i>		680	–	–
<i>Максимальне</i>		782	989	33,5
<i>Мінімальне</i>		618	416	7,0
<i>Північна частина Лісостепу</i>				
Аметист	5	731 ± 202,5	1063–279	39,7
Вернісаж	5	706 ± 106,2	894–579	18,4
Володимирська	5	724 ± 125,3	928–475	23,8
Казкова	4	512 ± 59,5	582–418	14,6
Козацька	6	560 ± 154,7	759–279	34,1
Німфа	3	824 ± 91,8	962–748	14,5
Оріана	2	847 ± 41,0	888–806	–
Радужна	3	681 ± 57,6	667–627	11,1
Санюта	7	591 ± 102,7	809–458	22,6
Софіївська	5	552 ± 79,5	667–401	19,2
Сюїта київська	5	504 ± 110,2	690–308	28,7
Черешнева	9	610 ± 100,1	809–338	23,0
Чернеча	3	786 ± 181,3	959–514	30,3
Ювілейна Копаня	9	639 ± 113,3	857–461	21,2
<i>Середнє</i>		662	–	–
<i>Максимальне</i>		847	1063	34,4
<i>Мінімальне</i>		504	279	11,1
<i>Правобережний Лісостеп</i>				
Вернісаж	3	563 ± 78,4	628–446	18,1
Голосіївська	3	519 ± 83,3	644–431	21,4
Казкова	2	462 ± 20,0	482–442	–
Комфорт	3	505 ± 33,3	533–455	8,6
Краса Львова	4	432 ± 51,5	520–366	15,6
Лентяй	3	475 ± 34,4	527–424	10,8
Німфа	3	786 ± 113,1	926–617	19,9
Радужна	3	590 ± 77,1	706–509	17,4
Санюта	4	522 ± 104,2	659–358	25,4
Софіївська	4	498 ± 80,2	659–405	22,8
Сюїта київська	2	561 ± 144,5	706–417	–
Шедевр	2	429 ± 8,5	438–421	–
Ювілейна Копаня	4	543 ± 67,0	627–413	17,3
<i>Середнє</i>		529	–	–
<i>Максимальне</i>		786	926	25,4
<i>Мінімальне</i>		429	358	8,6

2. Групи сортів чорної смородини з різним вмістом поліфенолів у плодах, мг/100 г сирової маси

Вміст поліфенолів у плодах, мг/100 г сирової маси		
430–500	501–700	701 і більше
<i>Північна частина Лісостепу</i>		
	Казкова	Вернісаж
	Черешнева	Німфа
	Сюїта київська	Оріана
	Софіївська	Володимирська
	Санюта	
	Радужна	
	Козацька	
	Ювілейна Копаня	
	Чернеча	
<i>Правобережний Лісостеп</i>		
Шедевр	Комфорт	Німфа
Краса Львова	Голосіївська	
Казкова	Санюта	
Лентяй	Ювілейна Копаня	
Софіївська	Сюїта київська	
	Вернісаж	
	Радужна	
<i>Східний Лісостеп</i>		
	Минай Шмирьов	Аметист
	Черешнева	Санюта
	Ювілейна Копаня	
	Сюїта київська	
	Козацька	

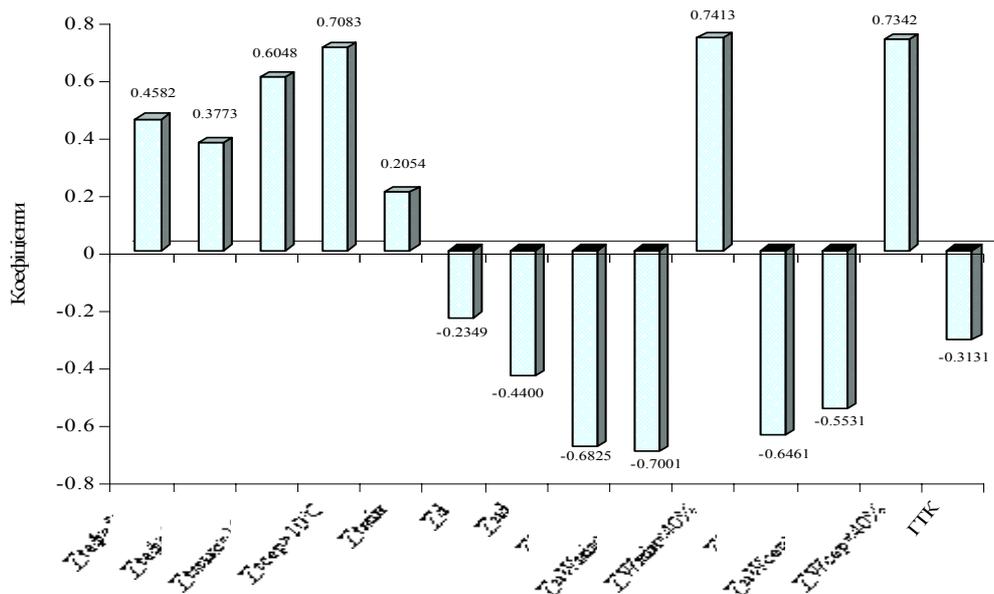
У цьому ж році низький вміст поліфенольних речовин містили плоди сортів Аметиста (548), Козацької (622) та Санюти (590 мг/100 г сирової маси). Сприятливим для накопичення біологічно активних речовин класу поліфенолів у східному Поліссі був 2007 рік – із середньодобовими температурами 19,9 °С, сумою опадів 80,7 мл та ГТК 0,6. За таких умов періоду росту й розвитку плодів чорної смородини сорти Минай Шмирьов, Аметист, Черешнева та Санюта накопичували максимальну кількість поліфенолів – 627, 989, 717 та 861 мг/100 г сирової маси відповідно.

Значна міжсортна різниця щодо вмісту поліфенолів та зміна його в ягодах одного й того ж сорту по регіонах і за роками вирощування дали підставу для розподілу сортів за середньобагаторічною кількістю цих речовин на три групи. До першої віднесено сорти з низьким вмістом біологічно активних речовин цього класу (від 430 до 500 мг/100 г сирової маси), до другої (від 501 до 700) і до третьої з високим, вище 701 (табл. 1).

В умовах півночі Лісостепу України плоди нагромаджували поліфенольні сполуки на рівні середнього й високого вмісту. До групи з середньою кіль-

кістю (вмістом від 504 до 681 мг/100 г) віднесено сорти Казкова, Черешнева, Сюїта київська, Софіївська, Санюта, Радужна, Козацька, Ювілейна Копаня та Чернеча (табл. 2). В ягодах Радужної вміст поліфенолів був стабільним, коефіцієнт варіації становив 11,1 % (табл.1). Малостабільною була кількість досліджуваної речовини у решти сортів даної групи, відповідні коефіцієнти знаходилися в межах від 21,2 до 34,1 % (табл. 1). Плоди сортів Вернісажа, Німфи, Оріани, Володимирської та Аметиста накопичували поліфенолів від 706 до 847 мг/100 г сирової маси, тобто, в межах високого вмісту (табл. 2). Найвищою стабільністю високого вмісту поліфенольних речовин у північній частині Лісостепу виділилися ягоди сорту Німфа (коефіцієнт варіації 14,5 %). У плодах Аметиста висока кількість (731 мг/100 г сирової маси) цих речовин була нестабільною, її варіабельність становила 39,7 % (табл.1).

Умови Правобережного Лісостепу менш позитивно впливали на синтез поліфенолів у плодах окремих сортів, аніж у північній частині зони. Зокрема, ягоди Шедевра, Краси Львова, Казкової, Лентяя та Софіївської містили цих речовин від 429 до 499 мг/100 г сирової маси, що дало підставу віднести



**Рис. 1. Кореляційна залежність між погодними факторами періоду росту й розвитку плодів чорної смородини та вмістом у них поліфенолів (2005–2009 рр.)**

їх до групи з низьким вмістом (табл. 2). Чисельнішою була група з середнім вмістом (табл. 2). Плоди сортів Комфорт, Голосіївська, Санюта, Ювілейна Копаня, Сюїта київська, Вернісаж та Радужна накопичували їх від 505 до 590 мг/100 г сирової маси. Найстабільнішим був вміст досліджуваної речовини в ягодах Комфорта (коефіцієнт варіації 8,6 %). Понад 701 мг/100 г сирової маси поліфенолів зафіксовано у плодах сорту Німфа (787 мг/100 г сирової маси, варіабельність показника середня 19,9 %) (табл. 1).

Сорти Минай Шмирьов, Черешневу, Ювілейну Копаня, Сюїту Київську та Козацьку, що вирощувалися в східному Лісостепу, були віднесені до групи з середнім вмістом поліфенольних сполук у плодах (табл. 2). При цьому вміст досліджуваної речовини в ягодах вказаних сортів був стабільним, за винятком Сюїти київської, відповідні коефіцієнти варіації – 7,0 до 12,5 %. Понад 700 мг/100 г сирової маси поліфенолів у даному регіоні накопичували плоди сортів Аметист та Санюта; мінливість їх кількості була середньою, коефіцієнти становили 23,4 та 18,0 % (табл. 1).

За допомогою методу регресивного аналізу встановлено вплив погодних умов періоду росту і розвитку ягід чорної смородини на кількість у них поліфенолів. Зокрема, коефіцієнти кореляції 0,708; 0,741 та 0,732 підтвердили існування сильного прямого впливу суми середніх температур вище 10 °С та мінімальної і середньої вологості повітря менше 40 %. Сильний непрямий вплив на вміст досліджуваної речовини справили сума днів із мінімальною вологістю повітря нижче 40 %.

На основі результатів дослідження та шляхом математичного опрацювання було розроблено модель залежності кількості поліфенольних сполук у плодах чорної смородини від погодних факторів, яка описується наступною функцією:

$$F = \ell \left( 2,3297 + 0,0002 \times \left( \sum t_{\text{макс}} > 10^{\circ}\text{C} \right) + 0,0028 \times \left( \sum t_{\text{акт}} > 10^{\circ}\text{C} \right) \right) \quad (7)$$

(R = 0,9019)

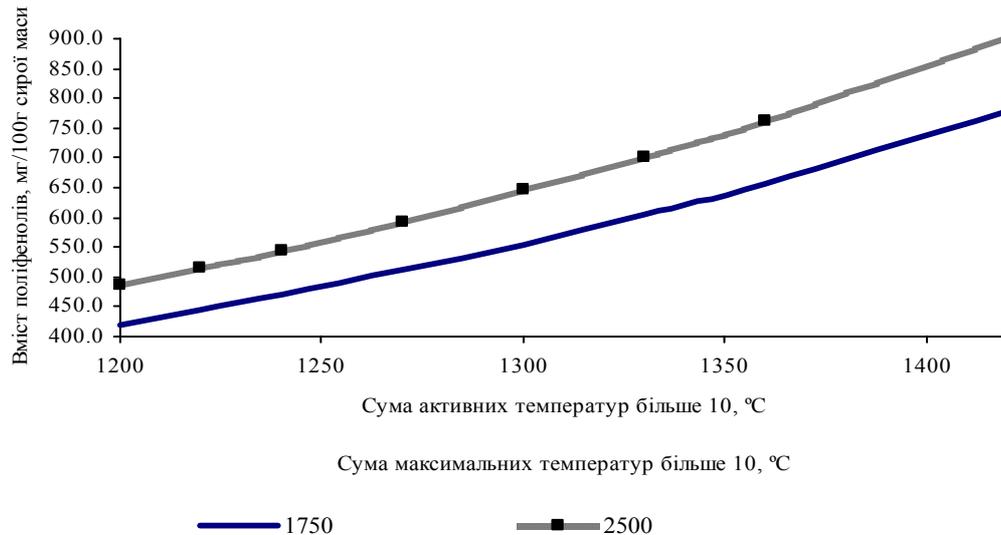
де: F – вміст поліфенольних сполук в ягоді, мг / на 100 г сирової маси,

$\sum t_{\text{макс}} > 10^{\circ}\text{C}$  – сума максимальних температур вище 10, °С;

$\sum t_{\text{акт}} > 10^{\circ}\text{C}$  – сума активних температур вище 10, °С;

Коефіцієнт детермінації на рівні 81,3 % вказує на те, що дане рівняння суттєво відображає залежність, представлену на рисунку 2, і може практично використовуватися у прогнозуванні вмісту поліфенольних сполук у ягодах досліджуваної культури.

Виходячи з вищенаведеної моделі, збільшенню вмісту поліфенолів у плодах чорної смородини сприяло підвищення суми активних температур вище 10 °С. За умови, коли цей показник нижче 1200 °С, вміст поліфенольних речовин буде меншим за 450 мг/100 г сирової маси, що відповідає першій групі сортів із низьким їх вмістом (табл. 2). Інтенсивному синтезу поліфенолів ягодами чорної смородини сприятиме сума активних температур > 10 °С не менше 1350±23 °С.



**Рис. 2. Модель впливу погодних факторів періоду росту і розвитку плодів чорної смородини на вміст у них поліфенолів (2005–2009 рр.)**

**Висновки:** 1. Плоди сортів чорної смородини, що широко культивуються в Україні, містять поліфенольних речовин у межах розмаху варіювання від 338 до 1063 мг/100 г сирової маси. Коефіцієнти варіації від 11,1 до 39,7 % підтверджують залежність їх кількості в ягодах досліджуваної культури від зовнішніх і внутрішніх чинників. Нашими дослідженнями не виділено гомеостатичних сортів за вмістом поліфенолів у їх плодах.

2. Встановлено, що умови східного Лісостепу сприятливі для накопичення поліфенолів плодами сортів Козацька, Минай Шмирьов, Санюта і Черешнева, північної частини – Аметиста, Вернісажа, Володимирської, Ювілейної Копаня,

Німфи та Радужної. Два останніх сорти при вирощуванні у Правобережному Лісостепу також містили максимальну кількість біологічно активних речовин цього класу.

3. Для нагромадження ягодами чорної смородини максимальної кількості поліфенолів необхідно, аби період їх росту й розвитку був теплим і малозволоженим, а сума активних температур вище 10 °C знаходилася в межах 1350±23 °C.

4. Отримані результати досліджень слугуватимуть вихідним матеріалом для досліджень із вивчення збереження поліфенольних речовин у продуктах переробки, сировиною для яких будуть досліджувані сорти чорної смородини.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Вигоров Л.И.* Биоактивные вещества плодово-ягодных растений и основные задачи их исследования // Труды II Всерос. семинара по БАР плодов и ягод. – Свердловск, 1964. – С. 8–18.
2. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 415 с.
3. *Кондратенко П.В., Бублик М.О.* Методика проведения полевых исследований з плодовими культурами. – К.: Аграрна наука, 1996. – 95 с.
4. *Метлицкий Л.В.* Основы биохимии плодов и овощей. – М.: Экономика, 1976. – С. 83–89.
5. Методика оцінки якості плодово-ягідної продукції. – К.: СПД «Жителєв С.І.», 2008. – 79 с.
6. Методичні рекомендації проведення досліджень по питаннях зберігання та переробки. –

К.: УНДІС, 1980. – 142 с.

7. *Требуцкая А.Я.* Витамины в ягодах среднего Урала // Труды II Всерос. семинара по БАР плодов и ягод. – Свердловск, 1964. – С. 128–136.

8. *Шапиро Д.К., Шестюк И.И., Тихоновская Л.С.* О содержании флавоновы соединений в плодах и ягодах белорусского сортимента // Труды II Всерос. семинара по БАР плодов и ягод. – Свердловск, 1964. – С. 78–89.

9. *Andrade P.B., Seabra R.M., Valentao H., Azeias F.* Simultaneous determination of flavonoids phenolic acids, and comarins in seven medical species by H/PLC /diode-array detector // J. Liquid Chromatogr. Relat. Technol. – Vol. 21. – 1988. – № 18. – P. 2813–2820.