

# **Землеробство та рослинництво: теорія і практика**

**Випуск 1 (7)**

**Київ 2023**

*Наукове видання*  
**Засновник — ННЦ «ІЗ НААН»**  
**«Землеробство та рослинництво: теорія і практика»**  
*науково-теоретичний журнал*

Свідоцтво про державну реєстрацію – серія КВ № 24716-14656 ПР, 26.01.2021 р.

Журнал включено до Переліку наукових фахових видань (категорія «Б»)  
згідно з наказом **МОН України від 07.04.2022 р. № 320.**

У журналі можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії. Галузь – «Сільськогосподарські науки» за спеціальністю 201 — Агрономія.

*Рекомендовано до друку рішенням вченої ради ННЦ «ІЗ НААН»,  
протокол № 3 від 30 березня 2023 р.*

У журналі висвітлюються наукові статті з питань актуальних проблем аграрної науки.

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ**

**Головний редактор**

**КАМІНСЬКИЙ В.Ф.**

*д. с.-г. н., проф., акад. НААН*

**Заступник головного редактора**

**ТКАЧЕНКО М.А.**

*д. с.-г. н., проф., чл.-кор. НААН*

БІЛЯЄВА І.М., BILIAEVA I.M.,  
*д. с.-г. н. Doctor of Agricultural Sciences*

БОЙКО П.І., BOIKO P.I., *Doctor of Agricultural Sciences, Prof.*

ВОЛКОГОН В. В., VOLKOHON V.V.,  
*д. с.-г. н., проф., акад. НААН Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Acad. of NAAS*

ГАНГУР В. В., GANGUR V.V.,  
*д. с.-г. н. Doctor of Agricultural Sciences*

ГОЛОДНА А.В., GOLODNA A.V.,  
*д. с.-г. н. Doctor of Agricultural Sciences*

ДЕМИДЕНКО О.В., DEMYDENKO O.V.,  
*д. с.-г. н. Doctor of Agricultural Sciences*

ДМИТРУК Ю.М., DMYTRUK YU. M.,  
*д-р біол. наук, проф. Doctor of Biological Sciences, Prof.*

ІВАНІНА В. В., IVANINA V.V.,  
*д. с.-г. н. Doctor of Agricultural Sciences*

КОЛОМІЄЦЬ Л.П., KOLOMIETS L.P.,  
*к. с.-г. н. Candidate of Agricultural Sciences*

КУЛІК М., KULIK M.,  
*д. ф. Doctor of Philosophical Sciences*

КУРГАК В.Г., KURGAK V.H.,  
*д. с.-г. н., проф. Doctor of Agricultural Sciences, Prof.*

ЛЕВЧЕНКО О.С., LEVCHENKO O.S.,  
*д. ф. Doctor of Philosophical Sciences*

МАЛИНОВСЬКА І.М., MALYNOVSKA I.M.,  
*д. с.-г. н., чл.-кор. НААН Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of NAAS*

**EDITORIAL BOARD**

**Editor-in-Chief**

**KAMINSKYI V.F.**

*Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Acad. of NAAS*

**Deputy Editor-in-Chief**

**TKACHENKO M.A.**

*Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Corresponding Member of NAAS*

МОЙСІЄНКО В. В., MOISIENKO V.V.,  
*д. с.-г. н., проф. Doctor of Agricultural Sciences, Prof.*

ПАТИКА В. П., PATYKA V.P.,  
*д. б. н., проф., акад. НААН Doctor of Biological Sciences, Prof., Acad. of NAAS*

РАФІК Іслам, RAFIK I.,  
*д. ф. Doctor of Philosophical Sciences*

РЯБОВОЛ Л. О., RYABOVOL L.O.,  
*д. с.-г. н., проф. Doctor of Agricultural Sciences, Prof.*

САРУНАЙТЕ Л., SARUNAITE L.,  
*д. с.-г. н. Doctor of Agricultural Sciences*

СЛЮСАР І.Т., SLUSAR I.T.,  
*д. с.-г. н., проф., чл.-кор. НААН Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Corresponding Member of NAAS*

ТИМОЩУК Т.М. TYMOSHCHUK T.M.,  
*к. с.-г. н. Candidate of Agricultural Sciences*

ФЕДОРЧУК М. І., FEDORCHUK M.I.,  
*д. с.-г. н., проф. Doctor of Agricultural Sciences, Prof.*

ШЕВЧУК В., SZEWCZYK W.,  
*д. ф. Doctor of Philosophical Sciences*

ШТАКАЛ М.І., SHTAKAL M.,  
*д. с.-г. н. Doctor of Agricultural Sciences*

**Адреса редакції:**

08162, Київська обл., Фастівський р-н, смт Чабани, вул. Машинобудівників, 2-б

Тел. (044) 526-23-27

E-mail: zbirnuk\_iz@ukr.net, сайт: www.journal-agriplant.com

# Зміст

## РОСЛИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЛУКІВНИЦТВО

Голодна А.В., Любчич О. Г., Ремез Г.Г., Столяр О.О., Любчич О.Я. Стан та перспективи вирощування нішевих культур в Україні	5
Райчук Т.М. Видовий склад збудників хвороб сочевиці в лісостеповій зоні	14
Штакал М.І., Коломієць Л.П., Штакал В.М., Левченко О.С., Глущенко Л.А. Ехінацея для формування органічних кормових фітосумшей	20
Господаренко Г.М., Черно О.Д., Любич В.В., Садовський І.С. Структура врожаю кукурудзи залежно від системи удобрення в умовах Правобережного Лісостепу	26
Олійник К.М., Давидюк Г.В., Щербакова Ю.В. Формування продуктивності пшениці озимої за адаптивних технологій вирощування	38
Гаврилюк Н.М., Кузьменко Л.А., Кириченко А.В. Розвиток хвороб і шкідників у посівах пшениці озимої залежно від агротехнічних заходів	47
Kurhak V.H., Karbivska U.M. PRODUCTIVITY OF CEREAL GRASSES WITH DIFFERENT RIPENING TIME DEPENDING ON FERTILIZERS	58

## ЗЕМЛЕРОБСТВО, МЕЛІОРАЦІЯ, ҐРУНТОЗНАВСТВО, АГРОХІМІЯ

Ткаченко М.А., Кондратюк І.М., Кудря С.О., Замлинська В.М. Регулювання родючості сірого лісового ґрунту в тривалому стаціонарному досліді за різних систем удобрення та вапнування	65
Демиденко О.В. Продуктивність сільськогосподарських культур за змін клімату у центральному лісостепу України	75
Цимбал Я.С., Бойко П.І., Мартинюк І.В., Кальчун Т.Р., Якименко Л.П. Продуктивність гречки в 6-пільних сівозмінах в умовах Лівобережного Лісостепу	92
Заяць П.С., Брухаль Ф.Й., Остап'юк Б.В. Особливості конкурентних відносин між рослинами та бур'янами агрофітоценозу пшениці озимої	99

## СЕЛЕКЦІЯ, ГЕНЕТИКА, БІОТЕХНОЛОГІЯ, НАСІННИЦТВО

Symonenko N.V., Levchenko O.S., Holyk L.M. PROPOSALS REGARDING THE TARGETED USE OF SHORT-STEMMED WINTER RYE GRAIN IN UKRAINE	107
Рябовол Я.С., Рябовол Л.О., Діордієва І.П. Створення вихідного матеріалу за використання ембріокультури та віддаленої гібридизації в селекції пшениці м'якої озимої	116

# Contents

## PLANT PRODUCTION, FEED PRODUCTION, GRASSLAND SCIENCE

<b>Holodna A.V., Lyubchich O.H., Remez G.G., Stolyar O.O., Lyubchich O.Ya.</b> STATUS AND PROSPECTS OF CULTIVATION OF NICHE CROPS IN UKRAINE	5
<b>Raichuk T.M.</b> SPECIES COMPOSITION OF LENTIL DISEASE CAUSES IN THE FOREST-STEPPE ZONE	14
<b>Shtakal M.I., Kolomiets L.P., Shtakal V.M., Levchenko O.S., Hlushchenko L.A.</b> PURPLE ECHINACEIA FOR THE FORMATION OF ORGANIC FEED PHYTOMIXTURES	20
<b>Hospodarenko H.M., Chernov O.D., Lyubchich V.V., Sadovskyi I.S.</b> STRUCTURE OF MAIZE YIELD DEPENDING ON THE FERTILIZER SYSTEM IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST STEPPE	26
<b>Oliinuk K.M., Davydiuk A.V., Shcherbakova J.V.</b> FORMATION OF WINTER WHEAT PRODUCTIVITY USING ADAPTIVE GROWING TECHNOLOGIES	38
<b>Havryliuk N. M., Kuzmenko L. A., Kyrychenko A.V.</b> DEVELOPMENT OF DISEASES AND PESTS IN WINTER WHEAT CROPS DEPENDING ON AGROTECHNICAL MEASURES	47
<b>Kurhak V.H., Karbivska U.M.</b> PRODUCTIVITY OF CEREAL GRASSES WITH DIFFERENT RIPENING TIME DEPENDING ON FERTILIZERS	58

## AGRICULTURE, MELIORATION, SOIL SCIENCE, AGROCHEMISTRY

<b>Tkachenko M.A., Kondratiuk I.M., Kudria S.O., Zamlynska V.M.</b> REGULATION OF THE FERTILITY OF GRAY FOREST SOIL IN A LONG-TERM STATIONARY EXPERIMENT UNDER DIFFERENT FERTILIZATION AND LIMING SYSTEMS	65
<b>Demydenko O.V.</b> PRODUCTIVITY OF AGRICULTURAL CROPS UNDER CLIMATE CHANGE IN THE CENTRAL FOREST STEPPE OF UKRAINE	75
<b>Tsymbal Ya.S., Boiko P.I., Martyniuk I.V., Kalchun T.R., Yakymenko L.P.</b> PRODUCTIVITY OF BUCKWHEAT IN 6-FIELD CROP ROTATIONS IN THE CONDITIONS OF THE LEFT BANK FOREST STEPPE	92
<b>Zaiats P.S., Brukhal F.Y., Ostapyuk B.V.</b> FEATURES OF COMPETITIVE RELATIONSHIPS BETWEEN PLANTS AND WEEDS OF WINTER WHEAT AGROPHYTOCENOSE	99

## PLANT BREEDING, GENETICS, BIOTECHNOLOGY, SEED PRODUCTION

<b>Symonenko N.V., Levchenko O.S., Holyk L.M.</b> PROPOSALS REGARDING THE TARGETED USE OF SHORT-STEMMED WINTER RYE GRAIN IN UKRAINE	107
<b>Ryabovol I.S., Ryabovol L.O., Diordieva I.P.</b> CREATION OF INITIAL MATERIAL USING EMBRYOCULTURE AND REMOTE HYBRIDIZATION IN THE BREEDING OF WINTER BREAD WHEAT	116

## СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ НІШЕВИХ КУЛЬТУР В УКРАЇНІ

А.В. Голодна, О. Г. Любчич, Г.Г. Ремез, О.О. Столяр, О.Я. Любчич

ННЦ «ІЗ НААН» (сmt Чабани, Україна)

**Мета.** З'ясувати місце і роль нішевих культур у сільськогосподарському виробництві України та встановити основні ризики технології їхнього вирощування. **Методи.** Загальний підхід до дослідження проблеми діалектичний. Використані загальнонаукові методи (індукції і дедуції, аналізу і синтезу, наукового узагальнення, наукової абстракції). **Результати.** У статті висвітлено питання стану вирощування традиційних і нішевих культур в Україні за період з 2012 по 2022 рр. Наведені переваги впровадження нішевих культур у виробництво та причини, що стримують зростання їх посівних площ. **Висновки.** Вказано на необхідність удосконалення технологій вирощування нішевих культур з метою адаптації в умовах змін клімату. Наведені основні складові отримання максимального врожаю та можливі втрати у технологічному процесі.

**Ключові слова:** сільськогосподарські культури, посівні площі, технологія вирощування, втрати врожаю в технологічному циклі.

**Вступ.** В умовах сьогодення в Україні існує розподіл сільськогосподарських культур на традиційні та нішеві. Традиційними певні культури стали завдяки агрохолдингам, які мають значні земельні площі та вирощують продукцію, яка користується масовим попитом на зовнішньому ринку. Нішеві культури характеризуються малопоширеністю, слабким розвитком їхнього ринку, перевищенням попиту над пропозицією, низькою конкуренцією у секторі виробництва продукції, високими закупівельними цінами та високим рівнем дохідності. З огляду на ці критерії, до категорії нішевих культур можна віднести практично всі бобові, зокрема – сочевицю, нут, маш, квасоллю, боби і навіть горох [1–3]. Крім того, з позицій всього сільського господарства нішевими цілком спокійно можна назвати тепер гречку, просо, льон, коноплі, гірчицю, мак, спельту а також ряд інших екзотичних, для нашої держави культур [4–6].

Рекомендовані технології вирощування культур, зокрема і нішевих, не враховують повною мірою необхідність пристосування агрофітоценозів до мінливості погодних умов. Технологія вирощування культури потребує переосмислення з метою її адаптації в умовах зміни клімату, починаючи з проростання насіння і до повного дозрівання зерна [7–10].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз даних посівних площ культур за останні 10 років

(2012–2021 рр.) свідчить про те, що традиційними є пшениця озима, кукурудза на зерно, ріпак озимий, соняшник і соя (табл. 1). Станом на 2021 р. пшениця озима займала площу 6,91 млн га, соняшник – 6,51 млн га, кукурудза на зерно – 5,47, соя – 1,28, ріпак озимий – 0,98 млн га. У 2022 р., через військові дії, що спричинили зменшення майже на 25% площі ріллі, посівні площі під традиційними культурами були дещо менші, за виключенням ріпаку озимого [11].

Однак існуючі зміни клімату спричинили появу в сільськогосподарському виробництві таких проблем, як дефіцит вологи та температурні стреси для рослин [12–15]. У регіоні діяльності Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН», наприклад, останні 20 років перевищення середніх багаторічних значень річної температури повітря становило 0,3–2,9°C. Характерним було стрімке наростання тепла у березні, а також значне перевищення середньодобових температур у липні-серпні. Відмічалось також погіршення рівня вологозабезпечення, зумовленого недостатньою кількістю опадів. Відносно сезонного їх розподілу – їх кількість наближалася або перевищувала середні багаторічні значення у травні, вересні та жовтні і спостерігався значний дефіцит у всі інші місяці. Особливо негативним було зменшення кількості опадів у липні-серпні, коли ще у багатьох видів зернобобових і круп'яних

Таблиця 1. Посівні площі сільськогосподарських культур в Україні у 2012-2022 рр., тис. га

Культура	Рік										
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Пшениця озима	5552,0	6781,4	5980,4	6681,4	6027,3	6168,7	6420,8	6639,0	6398,8	6907,5	6500,0
Кукурудза на зерно	4719,5	4913,3	4714,6	4137,4	4257,7	4522,4	4580,8	4873,9	5451,3	5474,8	4639,4
Ріпак озимий	470,4	969,9	849,3	663,1	415,4	741,6	974,0	1251,8	1115,2	975,9	1414,0
Соняшник	4889,8	4833,9	5149,2	4964,9	5904,5	5943,1	6058,2	5849,3	6383,3	6509,7	4702,7
Соя	1470,7	1366,1	1803,0	2147,3	1846,3	1994,1	1709,4	1579,6	1340,5	1280,3	1212,6
Горох	220,4	191,1	155,7	170,6	238,7	410,6	435,5	253,4	237,7	242,1	131,0
Квасоля звичайна	26,4	25,0	28,8	34,9	34,8	42,8	39,8	42,0	48,9	48,3	
Люпин	24,4	14,4	16,4	17,5	20,8	12,1	8,7	7,6			
Гречка	292,3	191,4	137,3	132,2	149,2	183,8	108,4	67,5	78,9	84,0	75,3
Просо	188,4	97,8	104,3	106,3	102,6	56,1	52,2	89,9	150,5	78,1	49,5
Сорго	170,1	150,6	90,9	53,1	63,5	70,2	43,1	46,4	50,0	42,8	

культур проходять процеси цвітіння та формування насіння [16]. За існуючих, нестабільних за роками і впродовж періоду вегетації культур, погодних умов виробники дедалі частіше повертаються до так званих нішевих культур, які здатні забезпечити їм додатковий прибуток, одночасно страхуючи від посухи, покращуючи фітосанітарний стан посівів та підвищуючи родючість ґрунту. Сьогодні такі життєво необхідні круп'яні культури, як гречку, просо, сорго, а також зернобобові – горох, квасолю, люпин, чину, сочевицю і нут, з якими проводяться дослідження у відділі технології зернобобових, круп'яних і олійних культур, в Україні відносять до нішевих, адже їхні посівні площі істотно поступаються традиційним. Перераховані культури відносять до стратегічних як продовольчі, або для збереження довкілля.

Крупи, що виготовляють із зерна гречки і проса, є дієтичними і лікувальними харчовими продуктами. Площі посіву гречки та проса останніми роками постійно зменшуються (якщо у 2012 р. вони становили відповідно 292,3 і 188,4 тис. га, то у 2021 р. вони скоротились до 84,0 і 78,1 тис. га). Посівні площі сорго зернового, яке в умовах зміни клімату, зокрема підвищення температури повітря та зниження його відносної вологості, завдяки своїм біологічним особливостям, могли б замінити частину посівних площ кукурудзи, також відчувають стрімке їх зниження (у 2012 р. – 170,1, у 2021 р. – 42,8 тис. га). У цьому плані перспективним є також деякі види прутovidного проса.

Багато уваги також приділяється зернобобовим культур – ФАО 2016 р. навіть оголосила роком зернобобових. На сьогодні практично усі зернобобові

культури (за виключенням сої) в Україні відносять до нішевих. Серед них лідирує горох, незначні площі займають квасоля, а люпин, чина, нут і сочевиця займають рейтинг за обсягами вирощування, і навіть офіційна статистика щодо площ їх посіву в Україні відсутня. Вийти з розряду нішевих та скласти значну конкуренцію сої всі шанси має горох, посівні площі якого станом на 2021 р. становили 242,1 тис га, хоча в 2018 р. знаходились на рівні 435,5 тис. га. (табл. 2).

Найбільші посівні площі гороху були у Дніпропетровській, Донецькій, Запорізькій, Кіровоградській, Миколаївській, Одеській, Харківській і Херсонській обл. – від 15,7 до 64,7 тис. га.

Посівні площі квасолі звичайної за останнє десятиріччя також постійно зростають – від 26,4 тис. га у 2012 р. до 48,3 тис. га – у 2021 р. Максимальні площі культури у 2021 р. відмічені у Вінницькій, Житомирській, Івано-Франківській, Львівській, Тернопільській, Харківській, Хмельницькій, Черкаській та Чернігівській обл. – від 2,0 до 12,2 тис. га.

Посівні площі люпину, який вважають найсильнішим азотофіксатором серед однорічних зернобобових культур та здатний покращувати родючість ґрунту, є незамінним в органічному землеробстві, з понад 200 тис. га у 70-х роках ХХ ст. зменшились до 5,4 тис. га у 2006 р., проте почали нарешті зростати і в 2010 р. становили вже 42,6 тис. га. У 2019 р. відмічали зменшення посівних площ люпину до 7,6 тис. га, після чого їх перестали показувати у статистичних звітах. Необхідно відмітити, що майже 95% його посівних площ зосереджені в Житомирській, Чернігівській і Сумській обл.

Таблиця 2. Посівні площі нішевих культур в Україні за областями, тис. га, 2021 р.

Область	Культура				
	Горох	Квасоля	Гречка	Просо	Сорго
Вінницька	5,0	4,3	6,9	1,4	0,1
Волинська	0,7	0,7	1,4	1,1	–
Дніпропетровська	17,7	0,1	0,7	6,9	4,1
Донецька	22,4	0,6	3,6	5,9	2,3
Житомирська	1,6	2,0	15,0	4,2	0,6
Закарпатська	–	1,4	0,4	К*	–
Запорізька	64,7	0,1	0,2	5,9	0,2
Івано-Франківська	0,3	4,2	1,0	К*	–
Київська	4,3	1,1	4,8	3,1	1,2
Кіровоградська	15,7	1,4	1,2	2,4	4,2
Луганська	2,7	0,2	0,1	1,4	2,5
Львівська	0,2	2,8	3,0	0,3	К*
Миколаївська	22,2	0,2	2,6	6,2	5,7
Одеська	20,3	1,4	0,9	8,7	7,1
Полтавська	7,3	1,5	2,2	5,3	3,7
Рівненська	0,2	0,9	3,4	0,3	0,6
Сумська	3,6	0,8	6,9	1,0	К*
Тернопільська	3,6	3,1	6,7	0,2	–
Харківська	19,0	2,0	5,7	8,6	2,8
Херсонська	18,1	0,1	0,4	7,4	4,5
Хмельницька	2,5	12,2	8,6	0,4	–
Черкаська	5,4	3,9	1,1	2,2	2,3
Чернівецька	0,2	1,2	0,1	К*	К*
Чернігівська	4,4	2,1	7,1	5,2	К*
<i>Україна</i>	<i>242,1</i>	<i>48,3</i>	<i>84,0</i>	<i>78,1</i>	<i>42,8</i>

\*Примітка. К – дані не оприлюднюються з метою забезпечення виконання вимог Закону України «Про державну статистику» щодо конфіденційності статистичної інформації.

Високий попит на зерно нуту та сочевиці як в Україні, так і за кордоном, сприяли зростанню посівних площ під культурами, які станом на 2018 р. становили відповідно 44,7 та 24,4 тис. га.

Урожайність нішевих культур залишається низькою, хоча реальним є отримання врожаю гречки 2,8–4,0 т/га, проса та гороху – 4,5–5,0, люпину, квасолі, нуту, чини й сочевиці – на рівні 2,5–3,5 т/га.

**Мета та методика проведення досліджень.** Метою наших досліджень було з'ясувати місце і роль нішевих культур у сільськогосподарському виробництві нашої країни та встановити основні ризики технології їхнього вирощування. Загальний підхід до дослідження проблеми діалектичний. Методика проведеного дослідження охоплювала як загальнонаукові методи (індукції і дедукції, аналізу і синтезу,

наукового узагальнення, наукової абстракції), застосування яких дало змогу опрацювати існуючу інформацію стосовно поняття нішевих культур та основні аспекти технології їх вирощування у сільськогосподарських підприємствах.

**Виклад основного матеріалу.** Як свідчить досвід, вирощування нішевих культур має ряд переваг:

- урізноманітнення сівозміни, що сприяє покращанню фітосанітарного стану полів та ґрунтів (особливо за вирощування зернобобових);
- зменшення фінансових ризиків господарств у випадку неврожаю традиційних культур;
- недостатнє насичення ринку ними сприяє формуванню високих закупівельних цін, а як результат – високої рентабельності їх виробництва.

Необхідно відмітити, що для вітчизняних аграріїв так звані нішеві культури не мають істотної ринкової цінності, що підтверджується низьким рівнем зацікавленості у їх вирощуванні, хоча й мають значний експортний потенціал.

Існує ряд причин непопулярності вищенаведених культур у виробника сільськогосподарської продукції. Перша і, напевне, основна – це низький рівень урожайності у виробничих умовах, який не завжди забезпечує рентабельність їх виробництва, що є наслідком невчасного або неякісного виконання тих чи інших технологічних операцій через незначну обізнаність аграріїв із біологічними особливостями культур та технології вирощування, відсутності окремих технічних засобів тощо. Набагато простіше виростити, наприклад, пшеницю чи кукурудзу за консультативної підтримки компаній-продавців пестицидів та агрохімікатів, які зацікавлені у збуті своєї продукції, ніж освоювати нові технології та вивчати біологію росту й розвитку по суті нових, для сучасного аграрія, круп'яних та зернобобових культур.

Не менш важливим чинником стримування обсягів вирощування нішевих культур є нестабільність попиту, який може значно різнитись за роками, та відсутність впорядкованого ринку збуту вирощеної продукції. Основним виробником круп'яних та зернобобових культур в Україні є середні фермерські господарства, які виділяють площу під вказані культури не більше

20–30 га, що спричиняє труднощі для зернотрейдерів при формуванні необхідної для продажу партії зерна. Це негативно позначається на закупівельній ціні і, як результат – рентабельності виробництва.

Поширення квасолі, люпину, чини, нуту й сочевиці стримується також недостатністю насінневого матеріалу та дороговизною самої технології вирощування. Коефіцієнт розмноження чини, нуту й сочевиці, наприклад, досить низький – за норми висіву насіння (150–200 кг/га) урожайність становить лише 1,2–2,0 т/га. На сьогодні вітчизняними виробниками не задовольняється потреба у насінні ряду культур, проте завезення імпортного матеріалу стримується через високу вартість митних процедур.

Іншою причиною незначного поширення цих культур є дороговизна мінеральних добрив і відсутність у «Переліку...» ефективних пестицидів, адже вартість процедури реєстрації досить висока і виробники реєструють препарат на одній-двох найпоширеніших культурах, чого цілком достатньо для отримання дозволу на ввезення його в Україну.

Головна проблема, з якою стикаються аграрії за вирощування нішевих культур – відсутність досвіду та інколи недосконалість технології їх вирощування. Високі рівні врожаю насамперед досягаються своєчасним та якісним виконанням усіх, без виключення, операцій у технологічному циклі вирощування культури (рис. 1).



Рис. 1. Основні складові отримання врожайів сільськогосподарських культур

З огляду на ґрунтово-кліматичні умови зон розташування господарства для сівби необхідно вибирати сорти районованих у цій зоні культур і найбільше пристосованих до умов зволоження (кількості та розподілу опадів упродовж вегетації), режиму освітлення (рельєф місцевості, напрями схилів, лісові насадження), типу ґрунту, його гранулометричного складу, рівня кислотності, наявності поживних елементів, тощо.

Важливою умовою для отримання сталих урожаїв є науково обґрунтована сівозміна та підбір кращих попередників під культуру. Це дасть змогу уникнути епіфітотій, виникнення резистентності до гербіцидів у шкідників та бур'янів, і як наслідок, зниження пестицидного навантаження на агроценоз.

Вибір способів основного і ранньовесняного обробітків ґрунту під культуру безпосередньо пов'язані із попередником і має бути спрямований на максимальне збереження запасів вологи, особливо в умовах нестабільності й нерівномірності випадання опадів та можливості весняної посухи, що спостерігаємо та території України в останні 5–7 років.

Необхідним заходом формування врожаю є забезпечення рослин доступними елементами живлення у необхідній кількості у період їх потреби. Вибір видів мінеральних добрив, строків та способів їх внесення залежить від кліматичних умов зони, де розташоване господарство, типу ґрунту та його гранулометричного складу, запасів рухомих форм поживних речовин у ґрунті тощо.

До сьогодні точиться суперечка як у наукових колах, так і серед практиків, щодо доцільності застосування азотних добрив під зернобобові культури. Необхідність проведення такого агрозаходу доведена численними дослідженнями у різних ґрунтово-кліматичних зонах. Прирости врожаю від застосування азотних добрив у технологіях вирощування зернобобових культур становлять 0,17–0,32 т/га або 7–9%. На 0,1–0,3 т/га покращився урожай за рахунок використання у технології мікродобрив.

Необхідним елементом стабілізації урожайності зернобобових культур є обробка насіння активними штамми симбіотичних мікроорганізмів. Такий агрозахід допомагає покращити умови азотного живлення для рослин, а використання асоціативних фосформобілізуючих бактерій дає змогу використовувати недоступний для рослин ґрунтовий фосфор. Прирости врожаю від такого агрозаходу становлять 7,5–9,5%.

Доведено також ефективність використання асоціативних мікроорганізмів у технології вирощування культур, які не належать до родини бобових. Приріст урожаю у проса та гречки сягає 0,23–0,44 т/га, або 9,0–9,8%.

Строк сівби є вагомим чинником отримання дружніх сходів і, як результат, одночасного проходження рослинами фаз росту і розвитку в межах агроценозу, що полегшує збирання врожаю, особливо у культур, які відзначаються неодноразовістю дозрівання (гречка, просо), або здатністю до відновлення вегетації (квасоля, люпин, нут).

Сільськогосподарські культури по-різному реагують на загущення посівів, що визначається розмірами та розповсюдженням кореневої системи у ґрунті, габітусом рослин, площею листкового апарату тощо. Тому за підбору оптимальних способів сівби та норм висіву необхідно враховувати не тільки родову приналежність тієї чи іншої культури, але й сортові особливості. Так, для гороху загущення посівів є навіть гіршим ніж зрідження, тобто рослини здатні до внутрішньовидової конкуренції і як результат відбувається зниження врожаю. Нут і чина – навпаки краще переносять підвищену густоту, істотно знижуючи продуктивність у зріджених посівах.

Основним завданням системи догляду за посівами є забезпечення чистоти та здоров'я агроценозу. Шкідники та хвороби інтенсивно проявляють свою активність в окремі, сприятливі за погодними умовами, роки, в той час як бур'яни створюють конкуренцію культурним рослинам у ценозі кожен рік, лише не істотно змінюється їх кількісне співвідношення в межах видового складу.

На круп'яних культурах, які переважним чином використовуються на харчові цілі, основним методом боротьби з бур'янами має бути агротехнічний. Так на прикладі гречки видно, що ефективним агрозаходом у боротьбі з бур'янами є рихлення міжрядь. Одноразове рихлення дало приріст урожаю на рівні 44% порівняно до контролю, двократне – на 62%, триразове – на 56,5%. Зменшення ефективності третього рихлення пояснюється надмірним травмуванням рослин робочими органами агрегатів.

Ефективним у технології вирощування є застосування гербіцидів. Так, на просі забур'яненість посівів зменшувалася у 10–12 разів проти показника у фазі сходів, водночас цю закономірність спостерігали як за кількістю бур'янів, так і їх масою.

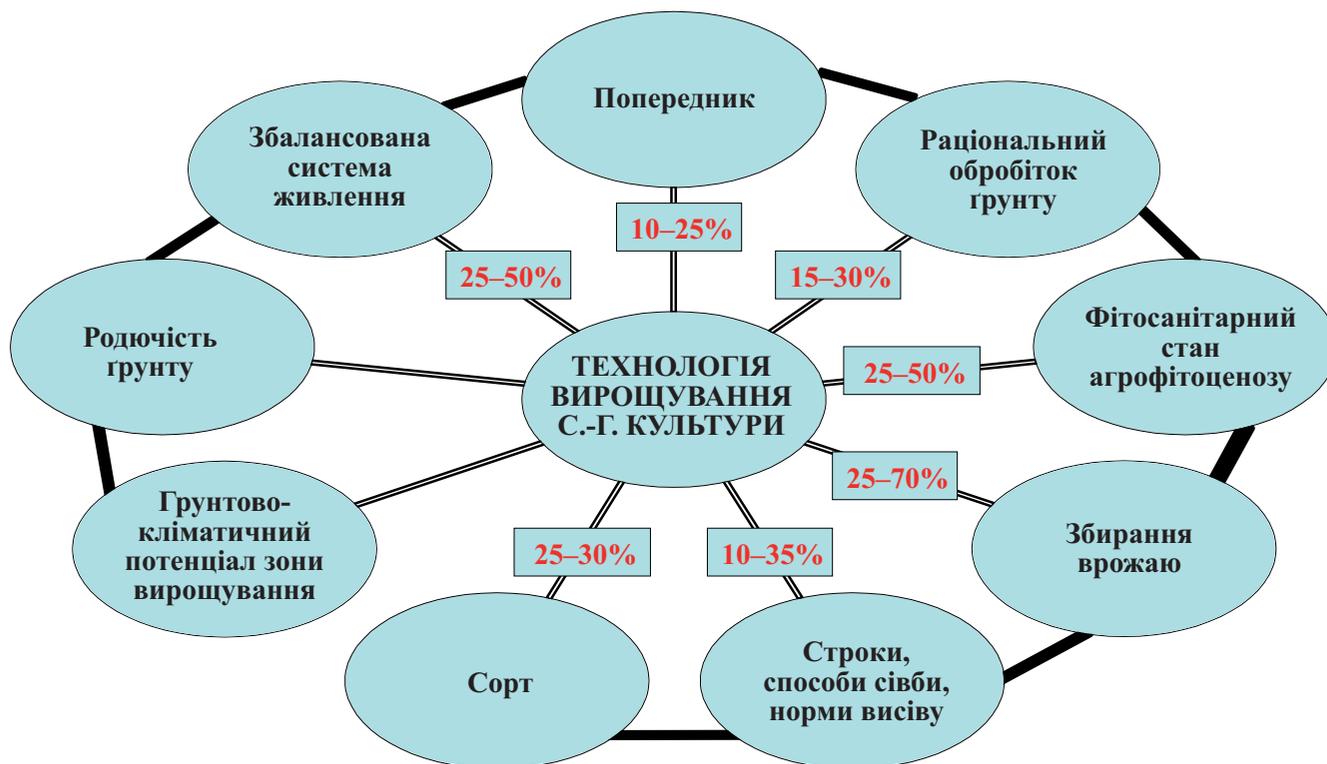


Рис. 2. Можливі втрати врожаю у технологічному циклі вирощування нішевих культур, %

Важливим елементом у технології вирощування культур є збирання врожаю, адже на цьому етапі виникає ряд ускладнень, які можуть призвести до значних втрат уже вирощеного зерна. Це, насамперед, втрати після комбайна внаслідок оббивання зерна мотобилом, не витрушування із половини, травмування насінневої оболонки, неможливість провести скошування на оптимальній висоті, щоб не втратити нижні боби тощо (рис. 2).

Крім того, існує і ряд біологічних властивостей культур, які утруднюють збирання. По-перше – нерівномірність дозрівання як у межах агроценозу, так і у межах однієї рослини, здатність до відновлення вегетації, навіть після дозрівання зерна, проростання за дощової погоди, осипання зерна. Тому до вибору способів і строків збирання необхідно підходити досить виважено. Необхідно враховувати як біологічні особливості культури, так і стан посівів загалом (ступінь вилягання, забур'яненість поля, висота прикріплення нижнього бобу тощо).

Так, за рахунок неправильного підбору сорту можна втратити до 30% врожаю, невідносна незбалансована система удобрення може коштувати майже половини можливого урожаю, несвоєчасне або неякісне проведення основного і передпосівного обробітку ґрунту, нехтування підбором попередника, строками та способами сівби може зменшити рівень

продуктивності на 25–35% кожен. Найбільші втрати можливі за незадовільного фітосанітарного стану посівів та під час збирання врожаю – 50–70%.

Це далеко не весь перелік проблем за вирощування нішевих культур, проте вирішення хоча б частини із них дасть змогу підняти їх рейтинг у виробника та покращити ситуацію з *різноманіттям культур у сівозміні, зберегти та підвищити родючість ґрунту* і, як результат – врожайність культур.

Лише комплексний підхід до вчасного і якісного виконання усіх без винятку технологічних процесів здатен забезпечити урожай проса на рівні 6-7 т/га, гречки – 3,0–3,5 т/га, гороху – 5,5–6,0 т/га, люпину, чини – 3–3,5, квасолі, сочевиці, нуту – 2,2–2,8 т/га, гірчиці – 2,0–2,5 т/га з відповідною якістю зерна. А це означає високий рівень прибутку та бажання виробника вирощувати ту чи іншу культуру на полях.

## Висновки

Аналіз посівних площ сільськогосподарських культур за період з 2012 по 2022 рр. показав, що значна частина зернобобових і круп'яних культур, які відносяться до стратегічних у плані формування продовольчої бази та збереження довкілля, в Україні відносяться до нішевих.

Однак існуючі зміни клімату спричинили появу в сільськогосподарському виробництві таких проблем, як дефіцит вологи та температурні стреси

для рослин упродовж періоду вегетації сільськогосподарських культур. За існуючих, нестабільних за роками і впродовж періоду вегетації культур, погодних умов виробники дедалі частіше повертаються до нішевих культур, які здатні, страхуючи від посухи, одночасно покращувати фітосанітарний стан посівів, підвищувати родючість ґрунту та забезпечити отримання додаткового прибутку.

Рекомендовані технології вирощування культур, зокрема і нішевих, не враховують повною мірою необхідність пристосування агрофітоценозів до мінливості погодних умов. Технологія вирощування потребує переосмислення з метою її адаптації в умовах зміни клімату, починаючи з проростання

насіння і до повного дозрівання зерна, бути спрямованою на забезпечення біологічних потреб рослини упродовж росту, розвитку і формування продуктивності, підвищення стресостійкості рослин для максимальної реалізації потенціалу сорту.

Адаптовані до змін клімату технології вирощування нішевих культур, які передбачають врахування біологічних особливостей, вчасне і якісне виконання усіх без винятку агрозаходів у технологічному процесі, здатні забезпечити урожай проса на рівні 6–7 т/га, гречки – 3,0–3,5 т/га, гороху – 5,5–6,0 т/га, люпину, чини – 3–3,5, квасолі, сочевиці, нуту – 2,2–2,8 т/га, з відповідною якістю зерна та високим рівнем прибутку.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Над прірвою маржі: огляд ринку нішевих культур (ч. 3). 2017. URL: <https://agroday.com.ua/2017/12/13/nad-prirvoyu-marzhi-yak-zarobyty-nanishevyh-kulturah-i-ilkytsogo-chekaty-ch-3/> [Дата звернення 23 січня 2023].
2. Крупа О.М., Ясіновська І.Ф. Вирощування квасолі – новий тренд у сільськогосподарському виробництві. *Нетрадиційні види сільськогосподарського виробництва: відродження та розвиток: матеріали круглого столу. Львівський НАУ*. Львів, 2016. С.12–16.
3. Скрипчук П.М., Пічура В.І., Рибак В.В. Аспекти виробництва нішевої продукції на засадах економії природокористування. *Збалансоване природокористування*. 2017. №3. С.18–26.
4. Черевко І. Поняття нішевих культур та їхнє місце у диверсифікації сільськогосподарського виробництва. *Аграрна економіка*. 2018 Т.11. №1-2. С. 5–14.
5. Супіханов Б.К. Нішеві культури. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 4. С. 58–64.
6. Супіханов Б. Ринок нішевих культур. URL: <http://www.oldconf.neasmo.org.ua/node/2771/>
7. Georgieva N., alentin Kosev V. Adaptability and Stability of White Lupin Cultivars. *Journal of Biotechnology (Banat)*, 2018. IX(19). DOI: 10.7904/2068-4738-IX (19)-72
8. Kosev V., Vasileva V., Kaya Ya. Ecological Stability of Quantitative Signs in White Lupin Varieties. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*. 2019. Vol. 3 (1) .67–80. Doi: <https://doi.org/10.29329/ijiaar.188.7>
9. Kosev V., Vasileva V. (2019). Comparative biological characteristic of white lupin (*Lupinus albus* L.) varieties. *Genetika*. 2019.51 (1). 275–285. DOI: 10.2298/GENSR1901275K
10. Kosev V., Vasileva V. Breeding value of white lupin varieties. *Journal of Central European Agriculture* 21(2), 2020. 409-419. DOI: 10.5513/JCEA01/21.2.253615.
11. Офіційний сайт Державного комітету статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
12. Pachauri, R. K., and Reisinger, A. Climate change 2007. Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fourth assessment report. Switzerland: N. p., 2008.
13. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2012. 582 pp.
14. Cropproductionandclimatechange.2021.URL:<http://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b1-crops/chapter-b1-1/en/>
15. Пятюгин С. С. Стресс у растений: физиологический подход. *Журнал общей биологии*. Т. 69. №4. 2008. С. 294–298.
16. Особливості вирощування зернобобових культур в Лісостепу: науково-методичні рекомендації. В.Ф. Камінський, А.В. Голодна, С.П. Дворецька, О.Г. Любич, С.В. Поліщук. Вінниця: ТОВ «Твори», 2020. 108 с.

## REFERENCES

- Nad prirvoiu marzhi: ohliad rynku nishevykh kultur (ch. 3). (2017). URL: <https://agroday.com.ua/2017/12/13/nad-prirvoyu-marzhi-yak-zarobyty-na-nishevyh-kulturah-i-ilkytsogo-chekaty-ch-3/> [Data zvernennia 23 sichnia 2023] [in Ukrainian].
- Krupa O.M., Yasinovska I.F. (2016). Vyroshchuvannia kvasoli – novyi trend u silskohospodarskomu vyrobnytstvi. Netradytsiini vydy silskohospodarskoho vyrobnytstva: vidrodzhennia ta rozvytok: materialy kruhloho stolu. *Lvivskyi NAU*. S. 12–16 [in Ukrainian].
- Skrypchuk P.M., Pichura V.I., Rybak V.V. (2017). Aspekty vyrobnytstva nishevoi produktsii na zasakh ekonomiky pryrodokorystuvannia. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, 3, 18–26 [in Ukrainian].
- Cherevko I. (2018). Poniattia nishevykh kultur ta yikhnie mistse u deversyfikatsii silskohospodarskoho vyrobnytstva. *Ahrarna ekonomika*, 11, 1-2, 5–14 [in Ukrainian].
- Supikhanov B.K. (2017). Nishevi kultury. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 4, 58–64 [in Ukrainian].
- Supikhanov B. Rynok nishevykh kultur. URL: <http://www.oldconf.neasmo.org.ua/node/2771/> [in Ukrainian].
- Georgieva N., alentin Kosev V. (2018). Adaptability and Stability of White Lupin Cultivars. *Journal of Biotechnology (Banat)*, IX(19). DOI: 10.7904/2068-4738-IX (19)-72
- Kosev V., Vasileva V., Kaya Ya. (2019). Ecological Stability of Quantitative Signs in White Lupin Varieties. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, Vol. 3 (1), 67–80. doi : <https://doi.org/10.29329/ijjaar.188.7> [in English].
- Kosev V., Vasileva V. (2019). Comparative biological characteristic of white lupin (*Lupinus albus* L.) varieties. *Genetika*, 51 (1), 275–285. DOI: 10.2298/GENSR1901275K [in English].
- Kosev V., Vasileva V. (2020). Breeding value of white lupin varieties. *Journal of Central European Agriculture* 21(2), 409–419. DOI: 10.5513/JCEA01/21.2.2536 [in English].
- Ofitsiinyi sait Derzhavnoho komitetu statystyky Ukrainy. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
- Pachauri, R. K., and Reisinger, A. (2008). Climate change 2007. Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fourth assessment report. Switzerland: N. p. [in English].
- Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (2012). A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 582 pp. [in English].
- Crop production and climate change. 2021. URL: <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b1-crops/chapter-b1-1/en/>
- Pyatygin, S.S. (2008). Stress in plants: a physiological approach. *Journal of General Biology*, 69(4), 294–298 [in Russian].
- Osoblyvosti vyroshchuvannia zernobobovykh kultur v Lisostepu: nauково-metodychni rekomendatsii. (2020). V.F. Kaminskyi, A.V. Holodna, S.P. Dvoret'ska, O.H. Liubchych, S.V. Polishchuk. Vinnytsia: TOV «Tvory». 108 s. [in Ukrainian].

**Holodna A.V., Lyubchich O.H., Remez G.G., Stolyar O.O., Lyubchich O.Ya.**

**Status and prospects of cultivation of niche crops in Ukraine**

**Aim.** To find out the place and role of niche crops in agricultural production in Ukraine and to identify the main risks of their cultivation technology. **Methods.** The general approach to the study of the problem is dialectical. The general scientific methods (induction and deduction, analysis and synthesis, scientific generalization, scientific abstraction) are used. **Results.** The article covers the issues of the state of cultivation of traditional and niche crops in Ukraine for the period from 2012 to 2022. The advantages of introducing niche crops into production and the reasons that hinder the growth of their acreage are presented. **Conclusins.** The necessity of improving the technologies of growing niche crops in order to adapt to climate change is indicated. The main components of obtaining the maximum yield and possible losses in the technological process are presented.

**Key words:** agricultural crops, sown areas, cultivation technology, yield losses in the technological cycle.

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Голодна А.В.,** доктор с.-г. наук, ст. науковий співробітник, головний науковий співробітник, відділ технологій зернобобових круп'яних і олійних культур,

Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: [ant.golodna@gmail.com](mailto:ant.golodna@gmail.com), ORCID:0000-0002-7775-8229.

**Любчик О.Г.**, кандидат с.-г. наук, завідувач відділу технологій зернобобових круп'яних і олійних культур, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: slyubchich@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6768-1398.

**Ремез Г.Г.**, науковий співробітник, відділ технологій зернобобових круп'яних і олійних культур, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», ORCID:0000-0002-6658-0488.

-----  
**Holodna A.V.**, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Chief Researcher, the Department of Technology of Legumes, Grains and Oil Crops, the National Research Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agriculture Sciences», e-mail: ant.golodna@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7775-8229.

**Lyubchich O.H.**, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Technology Department of Cereal Legumes and Oil Crops, the National Science Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», e-mail: slyubchich@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6768-1398.

**Ремез Н.Н.**, Research Scientist at the Department of Leguminous Cereals and Oilseeds Technology, National

**Столяр О.О.**, провідний агроном, відділ технологій зернобобових круп'яних і олійних культур, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», ORCID:0000-0003-1914-4322.

**Любчик О.Я.**, провідний агроном, відділ технологій зернових колосових культур, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: alyubchich@ukr.net, ORCID: 0000-0002-1298-6132.

-----  
Research Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», ORCID: 0000-0002-6658-0488.

**Stoliar O.O.**, Leading Agronomist, Department of Leguminous Cereals and Oilseeds Technologies, National Research Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», ORCID: 0000-0003-1914-4322.

**Lyubchich O.Ya.**, Leading Agronomist, Department of Cereal Spikelet Crops Technology, National Research Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», e-mail: alyubchich@ukr.net, ORCID: 0000-0002-1298-6132

*Надійшла 24.02.2023*

## ВИДОВИЙ СКЛАД ЗБУДНИКІВ ХВОРОБ СОЧЕВИЦІ В ЛІСОСТЕПОВІЙ ЗОНІ

Т.М. Райчук

ННЦ «ІЗ НААН» (с.мт Чабани, Україна)

**Мета.** Дослідити оцінку зараженості грибами насіння сочевиці та визначення найбільш поширених хвороб цієї культури, що вирощувалась органічними агропідприємствами в лісостеповій зоні Полтавської обл. Визначення видового складу збудників хвороб дасть змогу розробити заходи захисту до визначених хвороб в умовах органічного сільського господарства. **Методи.** У процесі досліджень було використано польові, фітопатологічні, мікологічні методи. В останні роки площі посіву сочевиці в нашій країні становлять 20 тис. гектарів [1]. За прогнозами «УкрАгроКонсалт», у сезоні 2022–2023 рр. відбудеться значне скорочення виробництва сочевиці та нуту, тому що основні площі вирощування цих культур знаходяться на півдні України [2]. Хвороби сочевиці можуть бути причиною значного зниження врожаю та його якості. Більшість основних економічно важливих захворювань зустрічаються у всіх регіонах вирощування сочевиці. Видовий склад мікобіоти, інфекційне навантаження – це важливі фактори, що визначають якість зерна та ураженість рослин хворобами в польових умовах. **Результати.** За роки досліджень було виявлено, що найбільше хворобами уражуються рослини в фазі цвітіння, особливо після рясних дощів. **Висновки.** Мікологічний аналіз зараженості зерна сочевиці виявив наявність у мікобіоті різних видів грибів: *Penicillium*, *Mucor*, *Trichothecium*, *Fusarium*, *Alternaria*. Найбільш поширеними серед виявлених виявилися представники пеніцилових, мукоральних грибів та *Trichothecium roseum*. В результаті проведених у 2017-2018 рр. досліджень по визначенню видового складу грибів на сорті сочевиці Лінза, з 556 зразків у чисту культуру було виділено та ідентифіковано 8 ізолятів грибів: *Fusarium oxysporum* f. *ciceri* Schlecht, *F. culmorum* Sacc., *F. avenaceum* Sacc., *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl, *Pythium ultimum*, *Stemphylium botryosum*, *Rhizoctonia solani*, *Ascochyta lentis*. Домінуючим видом, що паразитував на сочевиці на всіх частинах рослини, був вид *Fusarium oxysporum* f. *sp. lentis*.

**Ключові слова:** сочевиця, збудники хвороб, зараженість зерна, гриби, патогени, *Fusarium*.

**Вступ.** Відомо, що сочевиця була однією з основних сільськогосподарських культур, яку вирощували люди 11000 років тому. Вона мала значне поширення у стародавніх єгиптян, індусів, арабів та добре відома у культурі античного Риму та Греції, а її батьківщиною є Південно-Західна Азія [3]. Наразі сочевиця є однією з найпоширеніших зернобобових культур у світі, яка вирощується в 52 країнах на загальній площі понад 4 млн га. Світове виробництво сочевиці становить від 4 до 4,5 млн т на рік. З початку 2000-х років до числа великих виробників цієї культури увійшли Австралія і США. Значні обсяги сочевиці споживають Туреччина, ОАЕ, Єгипет і Пакистан. Європейські країни також не можуть задовольнити потреби за рахунок власного виробництва, тому щороку в країні ЄС завозиться близько 200 тис.

т цього виду бобових [4]. Середня врожайність цієї культури в світі сягає 1,1 т/га. Відомо, що зернобобові покращують ґрунт, а відповідно, є відмінними попередниками для багатьох культур. Органічна зелена сочевиця містить багато корисних речовин, і є однією з найбільш поживних бобових культур.

Грибні хвороби сочевиці переважають серед чинників фітопатогенної природи, які найчастіше обмежують її продуктивність. У більшості регіонів світу значні втрати урожаю, можуть викликати грибні патогени: *Ascochyta lentis* (аскохітозна гниль) й *Fusarium oxysporum* f. *sp. lentis* (фузаріозне в'янення (*Fusarium Wilt*)) [5]. Грибні хвороби, такі як сіра пліснява (*Botrytis fabae*, *B. cinerea*), іржа (*Uromyces viciae-fabae*), стемфіліумна гниль (*Stemphylium botryosum*), антракноз (*Colletotrichum truncatum*)

й борошниста роса (*Erysiphe communis*, *Erysiphe pisi*) також є загрозою для посівів сочевиці в деякі вегетаційні періоди в окремих країнах [6; 7].

**Метою досліджень** була оцінка зараженості грибами насіння сочевиці та визначення найбільш поширених хвороб цієї культури, що вирощувалась органічними агропідприємствами в лісостеповій зоні Полтавської обл. Визначення видового складу збудників хвороб дасть змогу розробити заходи захисту до визначених хвороб в умовах органічного сільськогосподарства. У процесі досліджень було використано польові, фітопатологічні, мікологічні методи.

**Методи дослідження.** У процесі дослідження було використано такі методи: польові – для проведення моніторингу появи хвороб сочевиці; фітопатологічні – у процесі здійснення діагностики захворювань; мікологічні – для вилучення грибів у чисту культуру, мікроскопічного аналізу патогенів та їх ідентифікації. Вивчення мікрофлори насіння здійснювали методом пророщування у вологій камері в чашках Петрі на фільтрувальному папері, згідно з ДСТУ 4138-2002 [8].

Виділення культури мікроорганізмів із заражених рослин промивали водопровідною водою, підсушували і протирали тампоном, змоченим 96%-м етиловим спиртом. З уражених ділянок стерильним скальпелем вирізали шматочки і розкладали на поверхню середовища Чапека у чашках Петрі [9; 10]. Далі їх інкубували у вологій камері при 28° С протягом 7 діб. Для виділення чистих культур мікроміцетів проводили пересів колоній.

У досліді використовували сорт Лінза, що був створений селекціонерами Кіровоградської дослідної станції Інституту сільськогосподарства степової зони Національної академії аграрних наук України. Сорт середньостиглий, вегетаційний період 65–75 діб. Рослини прямі, добре кущаться, заввишки 50–55 см. Насіння плоске, світло-зелене, однотонне, маса 1000 насінин 58–70 г. Смакові якості відмінні. Вміст білка в насінні 27%. Середня врожайність — 17,5 ц/га. Рекомендований для вирощування у степовій і лісостеповій зонах країни.

Дослідження проводили в 3 господарствах Полтавської обл., які вирощують органічну продукцію: ТОВ «Новомосковськ-Агро», ТОВ «Мічуріне», ТОВ «Лан-Агро». Господарства знаходяться одне від одного на відстані 5–15 км.

Досліди планували проводити протягом 3–5 років (2017–2021 рр.), але керівниками агрогосподарств

було прийняте рішення про виключення сочевиці з сівозміни, через втрату попиту на цю культуру на ринку збуту органічної продукції.

**Результати та їх обговорення.** Відомо, що видовий склад мікобіоти – один із важливих та визначальних факторів якості зерна. Фітоекспертиза насіння є одним із елементів насінневого контролю, що дає змогу оцінити ступінь ураження хворобами.

Відомо, що в насінні зберігаються багато збудників хвороб рослин, що можуть викликати загибель насіння, зниження його схожості, що слугують причиною ураження і загибелі проростків. Збудники хвороб можуть бути на поверхні насіння, під насінневою шкіркою або в тканинах насіння. У період спокою часто патоген і насіння співіснують, але за проростання насіння патогени здатні активуватися та уражувати молоді проростки до або після появи сходів.

У 2017-2018 рр. для визначення зараженості насіння збудниками, було проведено аналіз всіх партій насіння сорту Лінза, що планували висіяти в 2017 та 2018 рр. у трьох господарствах Полтавської обл., які вирощують органічну продукцію: ТОВ «Новомосковськ-Агро», ТОВ «Мічуріне», ТОВ «Лан-Агро».

За характерним нальотом на поверхні уражених насінин проводили діагностику. Гриб *Penicillium spp.* розвивається на насінні у вигляді пліснявого нальоту зелено-сірого кольору. *Mucor spp.* – утворює на насінні сіро-зелений або темно-бурий наліт. *Trichothecium roseum* – спричиняє утворення на насінні рожевого нальоту, *Alternaria* – темно сірого. За результатами лабораторних аналізів із насіння сорту Лінза було виділено збудників: *Penicillium*, *Mucor*, *Trichothecium*, *Fusarium*, *Alternaria* (табл.1). В основному це були плісняві гриби. Так у 2017 р. з насіння виділено пеніцилових грибів – 10,3%, мукоральних – 5,3%, *Trichothecium roseum* – 6,1% та бактерій – 2,5%. В 2018 році: пеніцилових грибів – 5,6%, мукоральних – 2,3%, *Trichothecium* – 5,2% та бактерій – 3,1%. Зараженість насіння сочевиці фузаріозною інфекцією становила в 2017 р. 1,2 %, в 2018 – 5,2%. За результатами мікроскопічного аналізу це був *Fusarium oxysporum* (Schlecht.).

Оскільки сочевицю висівали господарства, які вирощують тільки органічну продукцію, тому перед висівом насіння не обробляли препаратами, а також не проводили обприскувань рослин у полі, тобто жоден пестицид не був використаний при вирощуванні цієї культури. Сочевиця повільно зростає на початку своєї вегетації, не переносить перезволоження, та

Таблиця 1. Уражене збудниками насіння сорту Лінза (середнє за 2017, 2018 рр.)

Сорт	Збудники, уражено %					
	<i>Alternaria spp.</i>	<i>Fusarium spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>	<i>Mucor spp.</i>	<i>Trichothecium roseum</i>	бактерії
	2017 р.					
Лінза	–	1,2	10,3	5,3	6,1	2,5
	2018 р.					
Лінза	1,5	5,2	5,6	2,3	5,2	3,1

переуцільнення ґрунту, а внаслідок тривалої дощової та похмурої погоди, розтягуються фази розвитку, що призводить до нерівномірності дозрівання бобів, а також до появи захворювань, які завдають значних економічних збитків.

За нашими спостереженнями рослини ростуть та розвиваються без ознак ураження хворобами до першого тривалого дощового періоду. Після випадіння опадів на посівах сочевиці проявились перші симптоми ураження рослин. Хворі рослини жовтіли і відставали в рості (рис. 1).

Перше обстеження полів було проведено наприкінці травня. Було виявлено рослини зі зміненим забарвленням листків та з ознаками кореневих гнилей (рис. 2, 3).

За роки досліджень було виявлено, що найбільше хворобами уражуються рослини в фазі цвітіння, особливо після рясних дощів. Темно-зелене листя стає світло-зеленим, жовтіє, а пізніше листочки і вся рослина або окремі стебла в'януть. Такі симптоми характерні для фузаріозного в'янення (*F. oxysporum f.sp.*), або їх можна сплутати з іншими захворюваннями сочевиці, такими як аскохітоз (*Ascochyta lentis*) або початкова стадія розвитку стемфіліозу (*Stemphylium botryosum*) [11–13]. На всіх дослідних полях ситуація з ураженням хворобами була однаковою.



Рис. 1. Рослини сочевиці з ознаками ураження фузаріозом (поле ТОВ «Новомосковськ-Агро») (22.05.2018 р.)

Збудником фузаріозного в'янення сочевиці є гриб *Fusarium oxysporum f. sp. lentis*. Джерелом інфекції фузаріозу є ґрунт, насіння, уражені рештки рослин. У ґрунті хламідоспори гриба тривалий період зберігають життєздатність. Цей збудник був виявлений та виділений з коріння, листки та стебла сочевиці (на всіх полях). Іноді в основі стебла було помітні біло-рожеві подушечки, що являли собою спороношення патогену, але такі симптоми зустрічали тільки в рослин, які знаходились в низині поля, де довше зберігалась волога, були низини затоплені водою.

*Stemphylium botryosum* може пошкоджувати майже всі культури. Проявляється у вигляді невеликих світло-бежевих вогнищ на листках. Маленькі пошкодження об'єднуються у великі, неправильної форми



Рис. 2. Рослини сочевиці, здорові – ліворуч, хворі – праворуч, відібрані з поля ТОВ «Агро-Сула», 24.05.2018 р.



Рис. 3. Рослини сочевиці уражені кореневими гнилями

Таблиця 2. Види грибів, виявлені на посівах сочевиці в 2017-2018 рр. в лісостеповій зоні Полтавської обл.

Вид гриба	Виділені з:			Зразки	
	кореневої системи	стебла	листки	кількість	%
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl	+	+	+	47	8,5
<i>Fusarium oxysporum</i> f. <i>ciceri</i> Schlecht	+	+	+	241	43,3
<i>F. culmorum</i> Sacc.	+	–	–	68	12,2
<i>F. avenaceum</i> Sacc.	+	–	–	56	10,1
<i>Pythium ultimum</i>	+	–	–	28	5,0
<i>Stemphylium botryosum</i>	+	–	–	37	6,7
<i>Rhizoctonia solani</i>	+	–	–	41	7,4
<i>Ascochyta lentis</i>	–	+	+	38	6,8
Всього				556	100

ураження. На початку хвороби стебла здорові, але листки мають хлоротичний колір. Коли відносно висока вологість (рано вранці і після опадів), збудник хвороби, *Stemphylium* sp., спорулює, і уражені листки набувають вигляду від сірого до чорного [7].

Аскохітоз проявляється у фазах цвітіння, плодоутворення на листках, стеблах, бобах і насінні. Спочатку хвороба має осередковий характер, а згодом поширюється по всьому полю. Пошкоджуються листки, стебла, боби і насіння. На уражених органах формуються округлі дрібні плями жовтуватого, темно-коричневого або сірого кольору з темно-бурою вузькою облямівкою по периферії, які часто мають дрібні, чорні плодові тіла в центрі. З'являється у вигляді сірувато-коричневих плям або плям на листочках, стеблах, квітках і стручках, із темними краями і часто з крихітними чорними плодоносними тілами (пикнідами) в центрах. Ураження спочатку виникає на нижніх листочках близько до поверхні ґрунту і поширюється по всій рослині.

Альтернاریоз проявляється у вигляді темно-коричневих плям на листках, які часто мають зональний малюнок концентричні коричневі кільця з темними краями. Симптоми можна сплутати з іншими хворобами, оскільки інфекція часто виникає після пошкодження комахами або інших плям на листі.

Всього було відібрано 556 зразків вегетативних частин рослин з ознаками ураження хворобами (ТОВ «Новомосковськ-Агро» –180 зразків, ТОВ «Лан – Агро» – 174 зразків, ТОВ «Мічуріне» – 182, ТОВ «Лан-Агро» – 200).

З відібраних зразків було виділено та ідентифіковано 8 видів мікроміцетів: *Fusarium oxysporum* f. *ciceri* Schlecht, *F. culmorum* Sacc., *F. avenaceum* Sacc.,

*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl [14], *Pythium ultimum*, *Stemphylium botryosum*, *Rhizoctonia solani*, *Ascochyta lentis* (табл.2).

Ідентифіковано 3 види грибів з роду *Fusarium*: *F. oxysporum* f. *ciceri* Schlecht, *F. culmorum* Sacc., *F. avenaceum* Sacc. За результатами досліджень домінуючим видом, що паразитував на сочевиці на всіх частинах рослини, був вид *F. oxysporum*. У досліджуваних зразках його частка становила 43,3%. З кореневої системи сочевиці окрім *F. oxysporum* було виділено: *F. culmorum* – 12,2%, *F. avenaceum* Sacc.– 10,1%. Окрім фузаріїв, з кореневої системи було виділено: *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl, *Pythium ultimum*, *Stemphylium botryosum*, *Rhizoctonia solani*.

Виділені збудники широко розповсюджені в посівах сочевиці і інших культур. Ці патогени можуть тривалий час зберігатися у вигляді міцелію на рослинних рештках, а за сприятливих для розвитку умов навколишнього середовища патогени переходять на рослину-господаря, викликаючи різні мікози.

## Висновки

Мікологічний аналіз зараженості насіння сочевиці виявив наявність у мікобіоті різних видів грибів: *Penicillium* spp., *Mucor* spp., *Trichothecium roseum*, *Fusarium oxysporum*, *Alternaria* spp. Найбільш поширеними серед виявлених виявилися представники, що викликають плісняву насіння (пеніцилові, мукоральні грибів та *Trichothecium roseum*).

Дослідження 2017-2018 рр. показали, що в степовій зоні Полтавської обл. на сочевиці рід *Fusarium* був представлений 3 видами: *F. oxysporum* f. *ciceri* Schlecht, *F. culmorum* Sacc., *F. avenaceum* Sacc.. Найбільш поширений вид *F. oxysporum*.

## ЛІТЕРАТУРА

1. URL:<http://agro-business.com.ua/ahraryni-kultury/item/25189-ahraryni-rynok-sochevytsi>
2. URL:<https://agroportal.ua/news/rastenievodstvo/v-ukrajini-skorotyatsya-ploshchi-pid-socheviceyu-ta-nutom>
3. Zohar Kerem, Simcha Lev-Yadun, Avi Gopher, Pnina Weinberg, Shahal Abbo. Chickpea domestication in the Neolithic Levant through the nutritional perspective, *Journal of Archaeological Science*, Vol. 34, Issue 8, 2007. P. 1289–1293. Doi:<https://doi.org/10.1016/j.jas.2006.10.025>.
4. URL:<https://propozitsiya.com/ua/tehnologiya-viroshchuvannya-sochevici-v-ukrayini>
5. Хвороби сочевиці: монографія / В.П. Карпенко, І.І. Мостов'як, Т.П. Новікова, І.Б. Леонтюк, О.І. Заболотний, А.А. Даценко, Р.М. Притуляк, Г.Б. Гуляєва, І.П. Токовенко, Л.А. Пасічник, Л.М. Буценко, Т.Т. Гнатюк, С.В. Пида, І.Г. Будзанівська, О.В. Шевченко, С.І. Колісник, В.Ф. Петриченко, О.А. Демченко, В.П. Патица/за редакцією В.П. Карпенка. Умань: Видавець «Сочінський М.М.», 2021. 112 с.
6. Singh A.K., Bhatt B.P., Singh K.M., Kumar A., Manibhushan, Kumar U., Chandra N., Bharati R.C. Dynamics of Powdery Mildew (*Erysiphe trifolii*) Disease of Lentil Influenced by Sulphur and Zinc

Nutrition. *Plant Pathology Journal*, 2013. 12. 71–77. DOI: 10.3923/ppj.2013.71.77.

7. Taylor, P., Lindbeck, K., Chen, W., Ford, R. (2007). Lentil Diseases. In: Yadav, S.S., McNeil, D.L., Stevenson, P.C. (eds.) Lentil. Springer, Dordrecht. DOI:[https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6313-8\\_18](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6313-8_18)
8. ДСТУ 4138-2002 Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості.
9. Методы экспериментальной микологии / под ред. В.И. Билай. Киев: «Наукова думка», 1992. 552 с.
10. Билай В.И. Микроорганизмы – возбудители болезней растений. Киев: Наукова думка, 1988. С. 147–182.
11. Билай В.И. Фузариоз. Киев: Наукова думка, 1977. 442 с.
12. Nelson P.E., Toussoun T.A., Marasas W.F.O. Fusarium species: An Illustrated Manual for Identification. Pennsylvania State University Press, University Park and London. 1983. 193 p.
13. Absar Mithal Jiskani et al. A destructive disease of lentil: Fusarium wilt of lentil. *Plant Archives*, Vol. 21, Supplement 1, 2021 pp. 2117–2127. doi : <https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2021.v21.S1.350>.
14. Simmons E.G. Alternaria. An Identification Manual. Utrecht, CBS, 2007.

## REFERENCES

1. URL:<http://agro-business.com.ua/ahraryni-kultury/item/25189-ahraryni-rynok-sochevytsi> [in Ukrainian].
2. URL:<https://agroportal.ua/news/rastenievodstvo/v-ukrajini-skorotyatsya-ploshchi-pid-socheviceyu-ta-nutom> [in Ukrainian].
3. Zohar Kerem, Simcha Lev-Yadun, Avi Gopher, Pnina Weinberg, Shahal Abbo. (2007). Chickpea domestication in the Neolithic Levant through the nutritional perspective, *Journal of Archaeological Science*, 34, 1, 8, 1289–1293. Doi:<https://doi.org/10.1016/j.jas.2006.10.025> [in English].
4. URL:<https://propozitsiya.com/ua/tehnologiya-viroshchuvannya-sochevici-v-ukrayini> [in Ukrainian].
5. Khvoroby sochevytsi: monohrafiia (2021). V.P. Karpenko, I.I. Mostov'iak, T.P. Novikova, I.B. Leontiuk, O.I. Zabolotnyi, A.A. Datsenko, R.M. Prytuliak, H.B. Huliaieva, I.P. Tokovenko, L.A. Pasichnyk, L.M. Butsenko, T.T. Hnatiuk, S.V. Pyda, I.H. Budzanivska, O.V. Shevchenko, S.I. Kolisnyk, V.F. Petrychenko, O.A. Demchenko, V.P.

Patyka/za redaktsiieiu V.P. Karpenka. Uman: Vydavets «Sochinskyi M. M.», 112 s. [in Ukrainian].

6. Singh A.K., Bhatt B.P., Singh K.M., Kumar A., Manibhushan, Kumar U., Chandra N., Bharati R.C. (2013). Dynamics of Powdery Mildew (*Erysiphe trifolii*) Disease of Lentil Influenced by Sulphur and Zinc Nutrition. *Plant Pathology Journal*, 12, 71–77. DOI: 10.3923/ppj.2013.71.77 [in English].
7. Taylor, P., Lindbeck, K., Chen, W., Ford, R. (2007). Lentil Diseases. In: Yadav, S.S., McNeil, D.L., Stevenson, P.C. (eds.) Lentil. Springer, Dordrecht. DOI:[https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6313-8\\_18](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6313-8_18) [in English].
8. DSTU 4138-2002 Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti [in Ukrainian].
9. Методы экспериментальной микологии (1992). под ред. В.И. Билай. Киев: «Наукова думка». 552 с. [in Russian].
10. Bylai V.Y. (1988). Mikroorganizmy – vzbudytely boleznei rastenyi. Kiev: Naukova dumka. S. 147–182. [in Russian].

11. Bylai V.Y. (1977). Fuzaryy. Kyev: Naukova dumka. 442 s. [in Russian].
12. Nelson P.E., Toussoun T.A., Marasas W.F.O. (1983). Fusarium species: An Illustrated Manual for Identification. Pennsylvania State University Press, University Park and London. 193 p. [in English].
13. Absar Mithal Jiskani et al. (2021). A destructive disease of lentil: *Fusarium wilt of lentil*. *Plant Archives*, 21, 1, 2117–2127. doi : <https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2021.v21.S1.350> [in English].
14. Simmons E.G. (2007). *Alternaria*. An Identification Manual. Utrecht, CBS [in English].

**Raichuk T.M.**

### ***Species composition of lentil disease causes in the forest-steppe zone***

**Aim.** The research aimed to assess fungal infection of lentil seeds and to identify the most common diseases of this crop, which was grown by organic agricultural enterprises in the forest-steppe zone of the Poltava region. Identification of the species composition of disease-causing agents will enable the development of protective measures against certain diseases in the conditions of organic agriculture. **Methods.** In recent years, the area under lentil cultivation in our country reaches 20,000 hectares [1]. According to forecasts of «UkrAgroConsult», in the 2022–2023 season, there will be a significant reduction in the production of lentils and chickpeas, because the main areas of cultivation of these crops are in the south of Ukraine [2]. **Results.** Lentil diseases can cause a significant reduction in yield and quality. Most major economically important diseases are found in all lentil-growing regions. The species composition of the mycobiota and the infectious load are essential factors that determine the quality of grain and the susceptibility of plants to diseases in the field. Field, phytopathological, and mycological methods were used in the research process. Over the years of research, it was found that plants are most affected by diseases in the flowering phase, especially after heavy rains. **Conclusions.** Mycological analysis of contamination of lentil seeds revealed the presence of different types of fungi in the mycobiota: *Penicillium*, *Mucor*, *Trichothecium*, *Fusarium*, *Alternaria*. Representatives of penicillous, mucoral fungi, and *Trichothecium roseum* were the most common among those detected. As a result of the studies conducted in 2017-2018 on the identification of the species composition of fungi on the Linza lentil variety, 8 isolates of fungi were isolated and identified from 556 pure culture samples: *Fusarium oxysporum* f. *ciceri* Schlecht, *F. culmorum* Sacc., *F. avenaceum* Sacc., *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl, *Pythium ultimum*, *Stemphylium botryosum*, *Rhizoctonia solani*, *Ascochyta lentis*. The dominant species parasitizing lentils on all parts of the plant was *Fusarium oxysporum* f. *sp.lentis*.

**Key words:** lentils, pathogens, grain contamination, fungi, pathogens, *Fusarium*.

### **ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Райчук Т.М.**, кандидат сільськогосподарських наук, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: raichuk@ukr.net, ORCID:0000-0003-4332-7188

**Raichuk T.M.**, Candidate of Agricultural Sciences, the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: raichuk@ukr.net, ORCID:0000-0003-4332-7188

Надійшла 20.03.2023

**ЕХІНАЦЕЯ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ КОРМОВИХ ФІТОСУМІШЕЙ****М.І. Штакал<sup>1</sup>, Л.П. Коломієць<sup>1</sup>, В.М. Штакал<sup>1</sup>, О.С. Левченко<sup>1</sup>, Л.А. Глущенко<sup>2</sup>**<sup>1</sup>ННЦ «ІЗ НААН» (сmt Чабани, Україна)<sup>2</sup>Дослідна станція лікарських рослин Інституту агроєкології і природокористування НААН

**Мета.** Встановити біологічні особливості росту і розвитку ехінацеї пурпурової, її урожайність і хімічний склад та технологічну придатність використання в якості компонентів фітосумішей із метою формування органічних кормових добавок для годівлі тварин. **Методи.** Польовий, лабораторний, варіаційної статистики. **Результати.** Дослідженнями встановлено, що ехінацея пурпурова потребує старанного догляду в рік посіву. В наступні роки вона технологічно придатна для заготівлі сировини лікарсько-кормового призначення. Її урожайність зеленої маси за три роки досліджень становила 15,6 т/га, а вихід сухої маси відповідно – 3,9 т/га з коливаннями по роках відповідно 13,2–20,0 і 3,3–4,7 т/га. Вміст сирого протеїну в ехінацеї пурпурової становив у середньому 16,1% і за цим показником вона порівнюється до бобових трав. Вона має у своєму складі достатню кількість клітковини та БЕР, а корм повністю забезпечений калієм, фосфором і кальцієм та має добру перетравність. У надземній масі ехінацеї пурпурової міститься до 7,4% полісахаридів, суми цикорієвої та кафтарової кислот – від 2,2% до 4,3% та гідрооксикоричної кислоти від 2,1% у стеблах та 4,9 і 6,4% у перерахунку на суху речовину. **Висновки.** Ехінацея пурпурова – цінна лікарсько-кормова рослина, яка, маючи високу врожайність, технологічно придатна у заготівлі сировини для формування фітосумішей у годівлі сільськогосподарських тварин із метою отримання органічної продукції тваринництва. Біологічно активними речовинами ехінацеї пурпурової є полісахариди та органічні кислоти.

**Ключові слова:** урожайність, лікарсько-кормові трави, біологічно активні речовини, фітосуміші, органічна продукція.

**Вступ.** Презентована Єврокомісією в грудні 2019 р. комплексна стратегія переходу Європи до сталої економіки, чистої енергетики і кліматичної нейтральності до 2050 р. передбачає в галузі сільського господарства перехід до Європейського зеленого курсу з метою покращання здоров'я людей і якості їх життя. Це пов'язано з тим, що наразі вживання продукції тваринництва людиною з вмістом штучних стимуляторів росту (переважно це антибіотики, виробництво яких нині перевищує об'єми, що використовує людина для лікування), консервантів, підсилювачів смаку тощо викликає вкрай негативні наслідки пов'язані із звиканням організму до цих речовин (резистентності) та зниження імунітету організму. Отже вкрай важливим завданням є пошук видів рослин, що мали б підвищений вміст біологічно активних речовин (БАР), як заміників штучних стимуляторів росту для їх використання у кормовиробництві. Одним з таких видів є ехінацея пурпурова.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Ехінацея пурпурова (*Echinacea purpurea* L.) родини Айстрових (*Asteraceae*) придатна для культивування на всій території України і використовується як цінна лікарсько-кормова рослина [1–4]. Однак відомі публікації вчених Полтавського сільськогосподарського інституту про те, що види роду ехінацеї малопродуктивні і тому мало перспективні для використання в кормовиробництві [5]. Тому, вкрай важливим завданням є з'ясування перспективності використання ехінацеї пурпурової у кормовиробництві у якості саме органічних кормових добавок. Наші попередні дослідження, проведені з метою створення лучних фітоценозів, як на осушених торфових ґрунтах, так і на типових чорноземах не дали позитивного результату. Вони показали, що у заготовленій зеленій масі чи грубих кормах неможливо точно встановити заданий вміст лікарсько-кормових трав та дози вмісту в кормах біологічно активних речовин для підвищення продуктивності

певних видів тварин. Так, як вміст БАР у таких кормах має коливання впродовж вегетації, і залежить від віку рослин, погодних умов, тощо [6]. Тому, перспективнішим напрямом для отримання сировини з лікарсько-кормових травостоїв з вмістом БАР для формування фітосумішей для годівлі сільськогосподарських тварин у якості органічних кормових добавок може бути використання чистих посівів ехінацеї пурпурової [7; 8]. Дослідження, проведені наприкінці минулого і на початку нинішнього століття показали перспективність використання цієї культури для отримання сировини з підвищеним вмістом біологічно активних речовин [9–12]. Однак продуктивність ехінацеї пурпурової, вміст біологічно активних речовин, технологічну придатність та можливості використання в кормовиробництві не з'ясовано, що є надзвичайно актуальним завданням.

**Мета досліджень.** Встановити можливість використання ехінацеї пурпурової, з врахуванням її продуктивності, вмісту біологічно активних речовин та технологічної придатності, для вирощування і заготівлі сировини та формування з неї фітосумішей для годівлі різних видів сільськогосподарських тварин із метою можливості отримання органічної тваринницької продукції.

**Умови і методика досліджень.** Польові дослідження проводили в стаціонарному досліді на типових чорноземах Панфільської дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН» упродовж 2019–2022 рр. Облікова площа ділянки становила – 10 м<sup>2</sup>, повторення чотириразове. Сівбу ехінацеї пурпурової проведено 3 квітня 2019 р. Спосіб висіву – широкорядний із міжряддями 45 см. За вирощування лікарсько-кормових трав у чистих посівах мінеральних добрив не вносили, оскільки це вступає в протиріччя веденню органічного землеробства, а було зроблено у ґрунт рослинні рештки попередника пшениці в кількості 3 т/га. Збирання врожаю лікарсько-кормових видів проводили у фазі цвітіння раз за вегетацію. Облік врожаю здійснювали методом суцільного скошування травостою й зважування рослинної маси з усієї облікової ділянки – згідно з методиками Інституту кормів НААН [13]. Заготівлю сировини здійснювали в умовах природного висушування з наступним подрібненням. Вміст сухої речовини у зеленій масі визначали термостатно-ваговим методом з висушуванням зразків при температурі 105°C. Вміст біологічно активних речовин у повітряно-сухій сировині проводили за методиками, наведеними у Державній

фармакопеї України та в Європейській фармакопеї [14; 15]. Повний зоотехнічний аналіз і перетравність корму *in vitro* та вміст у ньому мінеральних елементів визначали за ДСТУ 4117:2007 методом інфрачервоної спектрометрії з комп'ютерним забезпеченням. Кількість безазотистих екстрактивних речовин визначали шляхом віднімання від 100 % вмісту сирого протеїну, сирого жиру, сирої клітковини, сирої золи в сухій масі корму. Математичну обробку одержаних результатів польових дослідів проводили методом дисперсійного аналізу та варіаційної статистики за Б.О. Доспеховим на персональному комп'ютері з використанням сучасних пакетів прикладних програм Microsoft Excel та *Mathcad*.

Погодні умови вегетаційних періодів за роки досліджень характеризуються вищою на 0,9–1,3°C до середніх показників температурою повітря та вищою за норму суму опадів на 35–70 мм, що спостерігалось переважно в другій половині вегетації.

**Результати досліджень.** Дослідженнями встановлено, що ехінацея пурпурова потребує старанного догляду в рік посіву (прополовання сходів та міжрядних обробітків). В наступні роки достатньо проведення дворазового міжрядного обробітку для захисту від бур'янів. Фенологічними спостереженнями за фазами росту видів лікарсько-кормових трав та формування ними врожаю встановлено, що укісної стиглості для заготівлі сировини ехінацея пурпурова досягає у фазі цвітіння в середині червня–липні.

Для визначення технологічної придатності важливим показником є висота рослин. Вона є визначальним чинником конкурентної боротьби з бур'янами в період вегетації та можливості заготівлі сировинної маси. В рік висіву рослини переважно утворюють прикореневу розетку і тому їх висота становила лише 14–15 см. Починаючи з другого року життя та наступних років, рослини проходили повний цикл свого розвитку від весняного відростання до дозрівання насіння, а їх висота досягала 87–102 см. Тому ехінацея пурпурова успішно перешкоджала поширенню бур'янів у травостої та була цілком прийнятною за висотою для заготівлі сировинної маси.

Слід зазначити, що у ехінацеї пурпурової лікарсько-кормове значення має і надземна маса і корені. Однак за багаторічного використання цієї культури корені не збиралася. Тому дослідженнями встановлено, що урожайність зеленої маси ехінацеї пурпурової за три роки досліджень становила 15,6 т/га, а вихід сухої маси відповідно – 3,9 т/га (табл. 1). Щодо збору

Таблиця 1. Урожайність ехінацеї пурпурової на типових чорноземах, т/га

№ з/п	Роки досліджень	Зеленої маси	Сухої речовини	Вміст сухої речовини, %	НІР <sub>05</sub>
1	2020	13,2	3,3	25,0	0,3
2	2021	20,0	4,7	23,5	0,78
3	2022	13,5	3,6	26,7	0,89
	Середнє	15,6	3,9	25,1	

урожаю по роках то найсприятливішим був 2021 р., коли збір зеленої маси підвищувався до 20 т/га і відповідно вихід сухої маси – до 4,7 т/га. У 2022 р. формування врожаю відбувалося фактично без опадів. Тому й урожайність дещо знижувалася. Досить високий вміст сухої речовини у фазі цвітіння ехінацеї (23,5–26,7%) забезпечує швидке висихання зеленої маси до необхідних величин.

Слід також врахувати, що лікарсько-кормові трави мають у своєму складі не лише БАР, а й звичайні поживні речовини, хімічний склад яких наведено у табл. 2. В результаті даних визначень встановлено, що вміст сирого протеїну у ехінацеї пурпурової становить у середньому 16,1% з коливаннями по роках від 14,5 до 17,6%. Тобто цей вид за цим показником прирівнюється до бобових трав. Вона має в своєму складі достатню кількість клітковини та БЕР, а корм повністю забезпечений калієм, фосфором і кальцієм та має добру перетравність і поїдання тваринами [14–16].

Нами також встановлено вміст біологічно активних речовин. Так, у надземній масі ехінацеї пурпурової міститься до 7,4% полісахаридів, суми цикорієвої та кафтарової кислот – від 2,2% на першому році вегетації та до 4,3% на третьому і наступних роках вегетації. Вміст гідрооксикоричної кислоти в сировині ехінацеї сягає від 2,1% у стеблах та 4,9 і 6,4% в суцвіттях та пуп'янках відповідно у перерахунку на суху речовину. Тобто основними біологічно активними діючими речовинами ехінацеї пурпурової є полісахариди і органічні кислоти. Даний комплекс БАР позитивно впливає на обмін речовин та має імуностимулювальну та імуномодельовальну дію на тваринний організм.

За випробування органічних кормових добавок з включенням ехінацеї пурпурової, які проведені в ПП «Соснова» Бриспільського р-ну впродовж 2020–2021 рр., отримано підвищення надоїв молока від молочного поголів'я на 10–12% та приростів живої ваги телиць великої рогатої худоби на 21%. Це вказує на те, що ехінацея пурпурова є цінним компонентом для формування фітосумішей для годівлі тварин із метою отримання органічної продукції тваринництва.

### Висновки

- Ехінацея пурпурова технологічно придатна для вирощування та механізованої заготівлі сировини лікарсько-кормових трав за природного висушування, починаючи з другого року життя.
- Ехінацея пурпурова є перспективною культурою для отримання сировини з підвищеним вмістом БАР для формування фітосумішей для годівлі сільськогосподарських тварин у якості органічних кормових добавок. Вона забезпечує вихід зеленої маси на рівні 13–20 т/га і сухої – 3,3–4,7 т/га.
- Вміст сирого протеїну у ехінацеї пурпурової становить в середньому 16,1% з коливаннями по роках від 14,5 до 17,6%. Тобто цей вид за цим показником прирівнюється до бобових трав. Вона має у своєму складі достатню кількість клітковини та БЕР, а корм повністю забезпечений калієм, фосфором і кальцієм та має добру перетравність.
- Основними біологічно активними діючими речовинами ехінацеї пурпурової є полісахариди і органічні кислоти. Зокрема, у надземній масі ехінацеї пурпурової міститься до 7,4% полісахаридів, суми цикорієвої та кафтарової кислот – від 2,2%

Таблиця 2. Хімічний склад сухої маси ехінацеї пурпурової, %

Роки досліджень	Сирий протеїн	Білок	Жир	Клітковина	БЕР	Зола	Перетравність	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO
2020	17,6	15,4	2,07	21,16	50,4	8,76	67,2	3,1	0,85	1,54
2021	16,2	14,5	2,9	22,9	49,2	8,8	62,1	2,1	0,89	2,1
2022	14,5	13,6	2,3	21,5	53,2	8,5	60,6	3,1	0,89	1,4
Середнє	16,1	14,5	2,42	21,85	50,9	8,69	63,3	2,8	0,88	1,68

на першому році вегетації та до 4,3% на третьому і наступних роках вегетації. Вміст гідроксикоричної кислоти в сировині ехінацеї сягає

від 2,1% у стеблах та 4,9 і 6,4% в суцвіттях та пуп'янках відповідно у перерахунку на суху речовину.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Ковтуник І.М. Введення в культуру і технологія вирощування лікарських і пряно-ароматичних рослин в умовах Південно-західної частини Лісостепу України. Автор. Докт. Дис. Київ. НАУ, 1997. 45 с.
2. Дербаль Ю.М. Вирощування ехінацеї пурпурової в умовах гірської зони Карпат. *Вісн. аграрної науки*. 2001. №2. С.79–80.
3. Палапа Н.В., Пронь Н.Б., Устименко О.В. Особливості використання лікарських рослин у тваринництві. *Збалансоване природокористування*. 2016. № 2. С. 47–51.
4. Штакал М.І. Коломієць Л.П., Голик Л.М., Штакал В.М. Перспективність використання лікарсько-кормових трав для виробництва органічних кормових добавок. *Зб. ННЦ «ІЗ НААН» Землеробство і рослинництво, наука і практика*. Вип. 1(3), 2022. С. 34–40. doi: 10.54651/agri.2022.01.04
5. Самородов В.Н., Лебединский И.С., Ищенко Н.В. Изучение видов рода эхинацея как лечебно-кормовых растений. *Проблеми лікарського рослинництва. Тези доповідей Міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди 80-річчя Інституту лікарських рослин УААН (3–5 липня 1996 року, м. Лубни)*. м. Полтава, 1996. С.281–283.
6. Штакал М.І. Високопродуктивні травостої з біологічно-активними і лікарськими видами – перспектива поліпшення лук і пасовищ. *Мат. міжнар. конф. «Землеробство XXI століття – проблеми і шляхи вирішення» (8-10 червня 1999)*. Київ: Нора-принт, 1999. 2 с.
7. Дикова Б., Мищенко Л.Т., Мищенко І.А., Дунич А.А., Глущенко Л.А. Перспективи за внедряване принципи те на органичного земеделие за контрол на вирусни полести по *Echinacea purpurea*. *Списание за наука «Ново знание», Пловдив, Bulgaria*. 2018. № 7–2. С. 198–208.
8. Pryvedenyuk N. V., Hlushchenko L. A., Mishchenko L. T., Dunich A. A., Mishchenko I. A. Technology improvement for seedling growing method of *Echinacea purpurea* under drip irrigation. *Journal of Rice Science*. 2020. 1(3): 1–7.
9. Сарнацький П.Л. і ін. Нетрадиційні кормові культури. Київ: Урожай, 1991. 140 с.
10. Paskudska, A., Kołodziejczyk, D., Socha, S. The use of herbs in animal nutrition. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*. 2018. 17(2). P. 3–14. DOI: 10.21005/asp.2018.17.2.01.
11. Крижак Л.М., Гуцол Н.В., Мисенко О.О. Використання лікарських рослин в якості біологічно-активних добавок утваринництві. *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 90. С. 134–144. DOI:10.31073/kormovyrobnytstvo202090-12.
12. Штакал М.І., Штакал В.М. Теоретичні основи лучного кормовиробництва на осушених торфовищах: монографія. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 184 с.
13. Бабич А. О. та ін. Методика проведення дослідів з кормовиробництва і годівлі тварин. Київ: Аграрна наука, 1998. 79 с.
14. Державна Фармакопея України. (2015). Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-е вид. Харків: Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 336 с.
15. European pharmacopoeia: 7.0. 2010. Strasbourg, France, vol. 1. 1297 p.
16. Мойсієнко В.В., Стоцька С.В., Сладковська Т.А. Виробництво кормів за органічного вирощування багаторічних і однорічних трав в умовах. *Сільське господарство та лісництво*. 2015. №1. С. 144–160.
17. Кургак В. Г., Гавриш Я. В. Ботанічний склад та динаміка лінійного росту частки листя і площі листової поверхні при формуванні лучних агрофітоценозів. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 71 (2). DOI: 10.32636/01308521.2022-(71)-2-9
18. Kurhak V. H. et al. Influence of perennial legumes on the productivity of meadow phytocenoses. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. 10 (6). P. 310–315. DOI: 10.15421/2020\_298.

## REFERENCES

1. Kovtunyk M. (1997). Vvedennia v kulturu i tekhnolohiiia vyroshchuvannia likarskykh i priano-aromatykykh roslin v umovakh Pivdenno-zakhidnoi chastyny Lisostepu Ukrainy (Introduction to the culture and technology of growing medicinal and spicy-aromatic plants in the conditions of the

- South-Western part of the Forest-Steppe of Ukraine). Author. Dr. Diss. Kyiv. NAU. 45 p. [in Ukrainian].
- Derbal Yu.M. (2001). Vyroshchuvannya ekhinatsei purpurovoi v umovakh hirskei zony Karpat (Cultivation of Echinacea purple in the conditions of the Carpathian mountain zone). *Journal of Agrarian Science*, 2, 79-80 [in Ukrainian].
  - Palapa N.V., Pron N.B., Ustymenko O. V. (2016). Osoblyvosti vykorystannia likarskykh roslyn u tvarynnystvii [Features of the use of medicinal plants in animal husbandry]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Balanced naturemanagement*, 2, 47–51 [in Ukrainian].
  - Shtakal M.I., Kolomiets L.P., Holyk L.M., Shtakal V.M., Hopkalo N.V., Ivashchenko N.V. (2022). Prospectivity of use of medicinal and feed grass for production of organic feed additives for animal feeding. *Agriculture and crop production, science and practice*, 1(3), 34–41. doi: 10.54651/agri.2022.01.04 [in English].
  - Samorodov V.N., Lebedynskyi Y.S., Yshchenko N.V. (1996). Yzuchenye vydov roda ekhynatseia kak lechebno-kormovykh rastenyi. Problemy likarskoho roslynnytstva. *Tezy dopovidei Mizhnar. nauk.-prakt. konf. z nahody 80-richchia Instytutu likarskykh roslyn UAAN (3–5 lypnia 1996 roku, m. Lubny)*. Poltava. P. 281–283 [in Ukrainian].
  - Shtakal M.I. (1999). Vysokoproduktyvni travostoi z biolohichno-aktyvnymi i likarskymi vydamy – perspektyva polipshennia luk i pasovyshch. *Mat. mizhnar. konf. «Zemlerobstvo XXI stolittia – problemy i shliakhy vyrishennia» (8-10 chervnia 1999)*. 2 p. [in Ukrainian].
  - Dykova B., Myshchenko L.T., Myshchenko I.A., Dunych A.A., Hlushchenko L.A. (2018). Perspektyvy za vnedriavane pryntsyropy te na orhanychnoto zemedelye za kontrol na vyru sny polesty po Echinacea purpurea. *Spyysanye za nauka «Novo znanye», Plovdyv, Bulgaria*, 7–2, 198–208 [in Bulgarian].
  - Pryvedenyuk N.V., Hlushchenko L.A., Mishchenko L.T., Dunich A.A., Mishchenko I.A. (2020). Technology improvement for seedling growing method of *Echinacea purpurea* under drip irrigation. *Journal of Rice Science*, 1(3), 1–7. [in English].
  - Sarnatskyi P.L. i in. (1991). Netradytsiini kormovi kultury (Non-traditional forage crops). K.: Urozhai. 140 p. [in Ukrainian].
  - Paskudska, A., Kołodziejczyk, D., Socha, S. (2018). The use of herbs in animal nutrition. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*, 17(2), 3–14. DOI: 10.21005/asp.2018.17.2.01 [in English].
  - Kryzhak L.M., Hutsol N.V., Mysenko O.O. (2020). Vykorystannia likarskykh roslyn v yakosti biolohichno-aktyvnykh dobavok utvarynnystvii. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 90, 134–144. DOI:10.31073/kormovyrobnytstvo202090-12 [in Ukrainian].
  - Shtakal M.I., Shtakal V.M. (2020). Teoretychni osnovy luchnoho kormovyrobnytstva na osushenykh torfovyschchakh: monohrafiia. 184 p. [in Ukrainian].
  - Babych A.O. et al. (1998). Metodyka provedennia doslidiv z kormo vyrobnytstva i hodivli tvaryn [Methods of conducting experiments on animal feed production and feeding]. Kyiv: Ahrarna nauka, 79 p. [in Ukrainian].
  - Babych A.O. et al. (1998). Metodyka provedennia doslidiv z kormovyrobnytstva i hodivli tvaryn. Kyiv: Ahrarna nauka. 79 p. [in Ukrainian].
  - Derzhavna Farmakopeia Ukrainy. (2015). Derzhavne pidpriemstvo «Ukrainskyi naukovyi farmakopeinyi tsentr yakosti likarskykh zasobiv». 2-e vyd. Kharkiv: Derzhavne pidpriemstvo «Ukrainskyi naukovyi farmakopeinyi tsentr yakosti likarskykh zasobiv», 336 p. [in Ukrainian].
  - European pharmacopeia: 7.0. (2010). Strasbourg, France, vol. 1. 1297 p.
  - Moisiienko V.V., Stotska S.V., Sladkovska T.A. (2015). Vyrobnytstvo kormiv za orhanichnoho vyroshchuvannia bahatorichnykh i odnorichnykh trav v umovakh. *Silske hospodarstvo ta lisnytstvo*, 1, 144–160 [in Ukrainian].
  - Kurhak V. H., Havrysh Ya. V. (2022). Botanichni sklad ta dynamika liniinoho rostu, chastky lystia i ploshchi lystkovoï poverkhnipry formuvanni luchnykh ahrofitotsenoziv. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvii*, 71 (2). DOI: 10.32636/01308521.2022-(71)-2-9 [in Ukrainian].
  - Kurhak V. H. et al. (2020). Influence of perennial legumes on the productivity of meadow phytocenoses. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (6), 310–315. DOI: 10.15421/2020\_298 [in English].

Shtakal M.I.<sup>1</sup>, Kolomiets L.P.<sup>1</sup>, Shtakal V.M.<sup>1</sup>, Levchenko O.S.<sup>1</sup>, Hlushchenko L.A.<sup>2</sup>

### *Purple echinacea for the formation of organic feed phytomixtures*

**Aim.** To establish the biological features of the growth and development of purple coneflower; its yield and chemical composition, and technological suitability for use as components of phytomixtures for the purpose of forming organic feed additives for animal feeding. **Methods.** Field, laboratory, variational statistics. **The results.** Research has established that purple coneflower needs careful care in the year of sowing. In the coming years, it

will be technologically suitable for the procurement of raw materials for medicinal and fodder purposes. Its yield of green mass for the three years of research was 15.6 t/ha, and the yield of dry mass, respectively, was 3.9 t/ha with fluctuations over the years, respectively 13.2-20.0 and 3.3-4.7 t/ha. The content of crude protein in purple coneflower averaged 16.1%, and according to this indicator it is equal to leguminous herbs. It contains a sufficient amount of fiber and BER, and the feed is fully supplied with potassium, phosphorus and calcium and has good digestibility. The above-ground mass of purple coneflower contains up to 7.4% of polysaccharides, the sum of chicory and kaftaric acids - from 2.2% to 4.3% and hydroxycinnamic acid from 2.1% in stems and 4.9 and 6.4% in total on dry matter. **Conclusions.** Purple coneflower is a valuable medicinal and fodder plant, which, having a high yield, is technologically suitable for the preparation of raw materials for the formation of phytomixtures in the feeding of farm animals with the aim of obtaining organic livestock products. The biologically active substances of purple coneflower are polysaccharides and organic acids.

**Key words:** yield, medicinal and fodder herbs, biologically active substances, phytomixtures, organic products.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Штакал М.І.**, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: shtakal@i.ua, тел. 0971171305, ORCID: 0000-0002-9511-0290

**Коломієць Л.П.**, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: erosia-stop@ukr.net, тел. 0975778508, ORCID: 0000-0003-3408-8541

**Штакал В.М.**, кандидат сільськогосподарських наук, Національний науковий центр «Інститут землеробства

НААН», e-mail: shtakal@i.ua, тел. 0969782067, ORCID: 0000-0002-7664-0325

**Левченко О.С.**, доктор філософії, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: feniks1213@gmail.com, тел. 0959070254, ORCID: 0000-0003-1639-326X

**Глушенко Л.А.**, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Дослідна станція лікарських рослин Інституту агроекології і природокористування НААН, e-mail: ukrvilar@ukr.net, тел. (05361) 9-01-10, ORCID: 0000-0003-2329-5537

**Shtakal M. I.**, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow, National Research Center «Institute of Agriculture of the NAAS», e-mail: shtakal@i.ua, ph. 0971171305, ORCID:0000-0002-9511-0290

**Kolomiets L.P.**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow, National Research Center «Institute of Agriculture of the NAAS», e-mail: erosia-stop@ukr.net, ph. 0975778508, ORCID: 0000-0003-3408-8541

**Shtakal V.M.**, Candidate of Agricultural Sciences, National Research Center «Institute of Agriculture of the NAAS»,

e-mail: shtakal@i.ua, ph. 0969782067, ORCID: 0000-0002-7664-0325

**Levchenko O.S.**, Doctor of Philosophy, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: feniks1213@gmail.com, ph. 0959070254, ORCID ID: 0000-0003-1639-326X

**Hlushchenko L.A.**, candidate of biological sciences, senior researcher, Medicinal Plants Research Station of the Institute of Agroecology and Nature Management of the National Academy of Sciences, e-mail: ukrvilar@ukr.net, ph. (05361) 9-01-10, ORCID: 0000-0003-2329-5537

Надійшла 20.01.2023

## СТРУКТУРА ВРОЖАЮ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

Г.М. Господаренко, О.Д. Черно, В.В. Любич, І.С. Садовський

Уманський національний університет садівництва (м. Умань, Україна)

**Мета.** Визначення проявлення впливу окремих складових структури врожаю кукурудзи на формування врожайності зерна під впливом погодних умов і систем удобрення. **Методи.** Дослідження проводились у тривалому стаціонарному досліді кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського національного університету садівництва на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому. Масу 1000 зерен визначали за ДСТУ 4138-2000. Аналіз структури врожаю за «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур». **Результати.** У результаті проведених досліджень виявлено, що за мінеральної системи удобрення врожайність кукурудзи підвищилась на 25–39%, органічної – 25–53, органо-мінеральної – на 28–59% залежно від доз добрив. З'ясовано залежності впливу системи удобрення на показники структури врожаю кукурудзи та виокремлено ті, що найбільше змінюються під дією чинників інтенсифікації технології вирощування. Під впливом удобрення біометричні показники качана підвищувались на 4–10%, а кількість рядів зерен на 0,3–1,7 шт. Мінливість цих ознак була слабкою ( $V = 5\%$ ). Кількість зерен у качані істотно підвищувалась під впливом удобрення – на 5–20% із середньою мінливістю ознаки –  $V = 11\%$ . Маса зерна з качана достовірно змінювалась залежно від погодних умов і доз добрив в інтервалі від 100,9 до 226,2 г з дуже високим коефіцієнтом варіації – 25,3%. **Висновки.** Виявлено кореляційні залежності та встановлено сильну тісноту між показниками структури й урожайністю зерна кукурудзи. Встановлено, що коефіцієнт кореляції між урожайністю зерна та довжиною качана становив  $r = 0,94$ , кількістю рядів зерен –  $r = 0,84$ , масою зерна з одного качана –  $r = 0,99$ . Отримані дані можуть бути використані для оптимізації системи удобрення та структури посівів кукурудзи у Правобережному Лісостепу залежно від погодних умов.

**Ключові слова:** гібрид ДКС 3511, погодні умови, чорнозем опідзолений, системи удобрення, урожайність зерна, кореляційні залежності.

**Вступ. Постановка проблеми.** Агрометеорологічні умови українського кукурудзяного поясу змінюються разом із глобальними кліматичними трансформаціями, але кукурудза залишається привабливою культурою для вітчизняних аграріїв. За даними ФАО до 2024 р. споживання зернових збільшиться на 390 млн т, при цьому 70% становитиме кукурудза [1].

За площею посіву кукурудза продовжує займати провідні позиції після пшениці та соняшнику, а її місце в рейтингу найпоширеніших сільськогосподарських культур залишається незмінним упродовж декількох років поспіль. Нині в Україні також спостерігається стала тенденція до збільшення її посівних площ (у 2022 р. вона становила 5,475 млн га), що пояснюється кон'юнктурою ринку, високою врожайністю, прибутковістю та удосконаленою технологією вирощування [2].

Зміна кліматичних умов у бік потепління, посухи, посилення кількості виникнення та інтенсивності прояву несприятливих погодних умов є головною проблемою, що впливає на ріст та розвиток кукурудзи і призводить до внутрішньосезонної мінливості врожайності [3–9]. За різних агрометеорологічних умов її продуктивність варіює під впливом неоднакових умов вологозабезпечення, температурних режимів, їх строків і тривалості дії. Тому основним критерієм цілеспрямованих досліджень із районування нових гібридів є реакція кукурудзи на зміну погодних умов, технології вирощування, зокрема створених умов мінерального живлення [10–12].

Тому метою дослідження було з'ясувати, які господарсько-цінні ознаки найбільше змінюються під впливом погодних умов і систем удобрення та найбільше впливають на врожайність кукурудзи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Встановлено, що високий урожай кукурудзи формується за оптимального співвідношення всіх структурних складових: кількості рядів у качані та зерен у них, маси 1000 зерен, довжини і діаметра качана. За недостатнього розвитку одного з них урожай не може бути компенсований завдяки іншим складникам. Оскільки окремі складові структури формуються в різні періоди органогенезу, то для повноцінного їх розвитку необхідні неоднакові умови. Тому аналіз структури урожаю поряд із продуктивністю є важливим, оскільки дає можливість визначати частку впливу окремих складових на їх формування [13].

Вивченням кореляційної залежності між основними господарсько-цінними ознаками й урожайністю займалося багато вчених [14; 15]. Це питання має практичне значення для встановлення оптимальних складових технологій вирощування кукурудзи у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах [11; 12; 16].

Учені Л. В. Козубенко й І. А. Гур'єва та інші виявили високу кореляційну залежність між урожайністю й такими ознаками, як висота рослин, довжина й діаметр качана, кількість качанів на одній рослині та вихід зерна при обмолоті. Спостерігались й високі рівні взаємозв'язків урожаю з висотою рослин і прикріплення качана, довжиною качана, кількістю зерен у ряді та на качані та їх виходом [15; 17]. Також вченими було встановлено середньої сили прямий кореляційний зв'язок між урожайністю й тривалістю вегетаційного періоду, масою тисячі зерен, їх кількістю в ряді на качані, довжиною качана та діаметром стрижня. Слабкий взаємозв'язок спостерігався між урожайністю й діаметром качана [18].

Отже, встановлення кореляційних залежностей між господарсько-цінними ознаками має значний практичний інтерес.

**Постановка завдання.** Метою досліджень було визначити вплив окремих складових структури на формування урожаю кукурудзи середньостиглого гібриду ДКС 3511 (ФАО 330) за різних систем удобрення в умовах Правобережного Лісостепу.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження проводились на дослідному полі Уманського національного університету садівництва у тривалому (з 1964 р.) стаціонарному досліді кафедри агрохімії і ґрунтознавства на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому протягом 2021–2022 рр. Технологія вирощування кукурудзи була загальноновизнаною для умов Правобережного Лісостепу.

Визначення врожайності зерна кукурудзи проводили подільською, з урахуванням вологості; масу 1000 зерен – гравіметричним методом за ДСТУ 4138-2002 [19]; аналіз структури урожаю – кількісно-гравіметричним методом за «Методикою державного сортопробування сільськогосподарських культур» [20]; математичний аналіз результатів досліджень – за допомогою дисперсійного та кореляційно-регресивного методів.

У досліді застосовували такі види мінеральних добрив: аміачну селітру (д. р. 34,4%), суперфосфат гранульований (д. р. 20,5%) і калій хлористий (д. р. 60%), а також напівперепрілий гній великої рогатої худоби. Площа посівної ділянки – 180 м<sup>2</sup>, облікової – 100 м<sup>2</sup>, повторність дослідів – триразова, розміщення варіантів – послідовне. Схема дослідів включала варіанти з дією мінеральних добрив та післядією мінеральної, органічної й органо-мінеральної систем удобрення (табл. 1): у польовій 10-пільній сівозміні з наступним чергуванням культур: ячмінь ярий + конюшина лучна, конюшина лучна, пшениця озима, буряк цукровий, кукурудза, горох, пшениця озима, кукурудза на силос, пшениця озима, буряк цукровий.

**Результати та їх обговорення.** Встановлено, що погодні умови ще з початку сівби впливали на проходження вегетації рослин кукурудзи. Весна 2021 р. виявилась холодною і затяжною (рис. 1, 2).

Квітень цього року був найхолоднішим за останні 30 років. Формування тимчасового снігового покриву висотою 2–4 см спостерігалось 7–9 та 24–26 квітня. Травень видався прохолодним і дощовим, інколи вночі у цей період температура знижувалась до мінус 0,3°C (рис. 2). Сівбу кукурудзи на дослідних ділянках провели наприкінці першої декади травня. При цьому запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту були на рівні оптимальних значень – 157 мм [21].

Літо 2021 р. було одним із найтепліших за останні роки метеоспостережень. Однак до середини червня ріст і розвиток посівів проходив за умов дефіциту тепла та частих дощів зливового характеру. Це негативно вплинуло на формування посівів кукурудзи. У середині і до кінця червня середньодобова температура повітря підвищилася, перевищувала кліматичну норму на 4°C. Однак значна кількість атмосферних опадів (105 мм), запаси вологи у ґрунті, підвищена вологість повітря та рясні роси були пом'якшувальним чинником для рослин. Завдяки цьому високі температури негативно не впливали на ріст рослин,

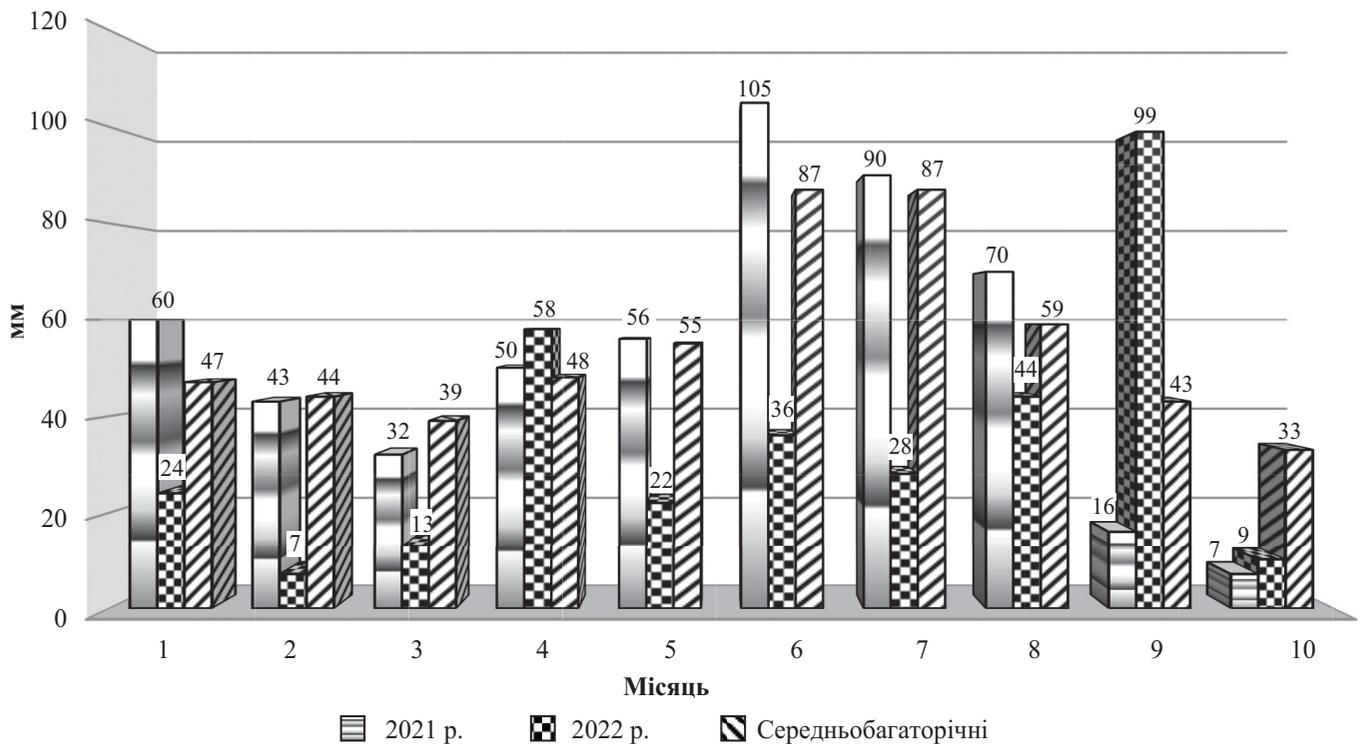


Рис. 1. Кількість опадів за місяцями у роки проведення досліджень за даними метеостанції м. Умань, мм

а навпаки – сприяли їх активному розвитку. Запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0–100 см на кінець червня зменшилися неістотно і становили 140 мм. На цей час у рослин було сформовано 13–15 листків і стан посівів характеризувався як добрий [21].

Чергування спекотних днів із відносно прохолодними і рясними дощами у серпні створили задовільні

умови для завершення формування врожаю кукурудзи. Наприкінці серпня – початку вересня зерно досягло повної стиглості. За кількістю опадів літній період був типовим – їх випало на 32 мм більше, порівняно з середньобагаторічним показником.

Весняний період 2022 р. був нетипово холодним і посушливим. Тривалість метеорологічної весни

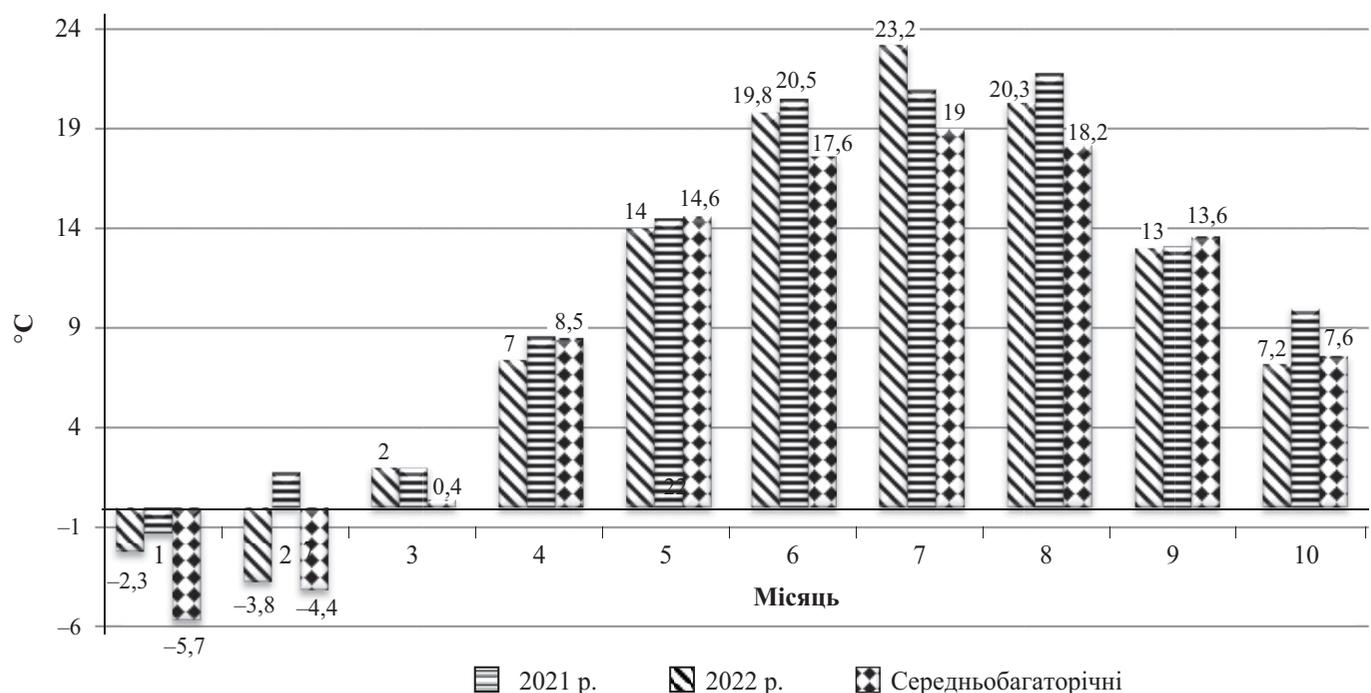


Рис. 2. Середньомісячна температура повітря у роки проведення досліджень за даними метеостанції м. Умань, °C

(період із середньодобовою температурою 0–15°C) становила 85–95 діб, що на 2–3 тижні довше звичайного. Її особливістю також були значні перепади температури, затяжні похолодання, відсутність опадів у 2–3 декаді березня [22]. Сівбу кукурудзи провели наприкінці квітня. Середня декадна температура повітря у цей період була на 1°C нижчою від норми, а вночі спостерігались заморозки. Максимальна температура повітря переважно не перевищувала 22–24°C (див. рис. 2).

Умови на початку вегетації кукурудзи у 2022 р. були малосприятливі, а розвиток рослин відбувався уповільнено через низькі нічні температури повітря та ґрунту. Літній період характеризувався значними перепадами температури. Спостерігалось чергування нетривалих періодів спеки, коли температура досягла +30–35°C, з більш тривалішими прохолодними періодами. Рослини у бездощові періоди використовували воду рясних рос та високої вологості повітря вдень. На початку другої декади липня рослини були у фазі викидання волоті, 19 липня – у фазі цвітіння волоті та качана. В кінці вегетації кукурудзи спостерігалась холодна й дощова погода (див. рис. 1, 2), що стало причиною затримки збирання врожаю.

Визначальну роль у підвищенні продуктивності рослин кукурудзи має удобрення. Доведено, що майже на 50–55 % урожайність кукурудзи зумовлюється впливом удобрення на формування маси зерна в качані, а кількість качанів на рослині залежить від гібриду [23].

Погодні умови у роки проведення досліджень різнилися і по-різному впливали на формування врожаю кукурудзи. У 2021 р. на ділянках, де добрив не вносили, урожайність зерна була на 34% вищою, порівняно з 2022 р. Застосування різних систем удобрення в сівозміні та внесення добрив під кукурудзу підвищували цей показник на 27–62% (рис. 3).

У 2022 р. за умов недостатнього зволоження та підвищених температур повітря впродовж літнього періоду, на ділянках, де добрив не вносили, урожайність кукурудзи становила лише 5,9 т/га. Добрива сприяли її підвищенню на 22–56% залежно від доз і систем удобрення.

У середньому за роки проведених досліджень у контрольному варіанті урожайність кукурудзи становила 7,4 т/га. За мінеральної системи удобрення урожайність підвищилась на 25–59%, органічної – 25–53,

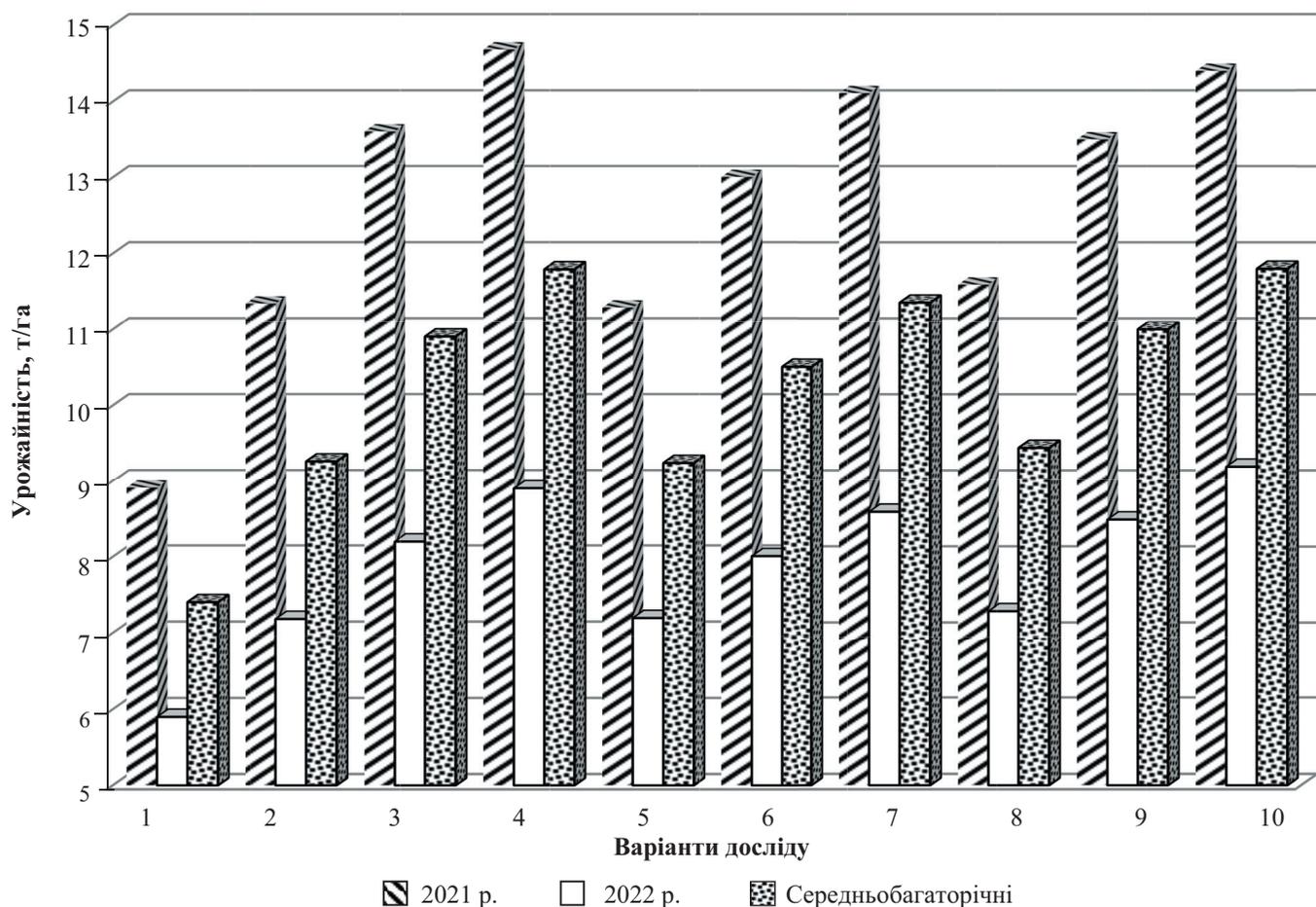


Рис. 3. Вплив погодних умов і систем удобрення на врожайність кукурудзи, т/га

органо-мінеральної – 28–59% залежно від доз внесення добрив. Незважаючи на різні рівні врожайності в роки досліджень, істотної переваги тієї чи іншої системи удобрення не було виявлено. Значно більше впливали дози добрив.

Відомо, що врожайність зерна кукурудзи є похідною низки кількісних ознак. Тому для подальшого підвищення її врожайності необхідно володіти інформацією не лише про рівень прояву результативної ознаки, а й окремих складових структури урожаю, їх взаємозв'язку [24].

Для формування високої врожайності кукурудзи чільне місце займають такі показники, як кількість рядів і зерен у них, маса 1000 зерен. Тому вивчення кореляційної залежності між ними має практичне значення для удосконалення технології вирощування кукурудзи у певних ґрунтово-кліматичних умовах [26; 27]. Зазначається, що процеси формування структурних складових урожаю не менше залежать і від некеріваних чинників середовища [27].

Встановлено, що показник кількості качанів/рослину практично не змінювався від удобрення (0,95–1,0 шт.). Це можна пояснити тим, що ця ознака є генетично детермінованою з вузькими межами варіювання.

Довжину качана визначали тільки за озерненою частиною. За результатами біометричних вимірювань встановлено, що погодні умови впливали на цей показник (табл. 2). На ділянках без удобрення (контроль) за більш вологих умов 2021 р. довжина качана була на 10% більшою, порівняно з 2022 р. Удобрення дещо зменшувало негативний вплив погодних умов на цей показник. У роки досліджень залежно від удобрення і умов зволоження довжина качана змінювалась від 18,5 до 22,7 см.

У середньому за 2021–2022 рр. забезпечення рослин кукурудзи кращими умовами живлення зумовило зростання біометричних показників качанів на 4–10%. Більших значень ознака «довжина качана» набула за мінеральної системи удобрення, коли безпосередньо під кукурудзу було внесено  $N_{200}P_{200}K_{200}$ , а приріст порівняно з контролем становив 10%. Мінливість ознаки була слабкою і становила  $V = 5\%$ .

Кількість рядів зерен у качані в контрольному варіанті дослідження сягала 13,7 шт., а під впливом удобрення підвищувалась на 0,3–1,7 шт. При цьому необхідно зазначити, що в роки проведення досліджень лише за подвійних і потрійних доз добрив спостерігалось істотне збільшення цього показника. Мінливість ознаки була слабкою і становила  $V = 5\%$ .

Кукурудза відноситься до культур, що мають низьку здатність компенсувати недостатній розвиток однієї зі складових структури врожаю іншими. Вона має вузькі межі варіабельності окремих ознак продуктивності важливих показників структури, у тому числі й кількості зерен у качані [28].

Аналогічні результати одержані й у проведених дослідженнях. Встановлено, що кількість зерен у качані більше змінюється залежно від погодних умов і значно підвищується під впливом удобрення (див. табл. 2). У 2021 р. цей показник змінювався від 529–640 шт., а в 2022 р. – від 444 до 532 шт. У середньому за роки досліджень на ділянках, де добрив не вносили, кількість зерен у качані становила 487 шт., а з підвищенням доз внесених добрив у сівозміні озерненість качана кукурудзи підвищувалась за мінеральної системи удобрення на 26–99 шт., органічної – 22–88, органо-мінеральної – 32–91 шт., або загалом на 5–20%. Мінливість ознаки була середньою, що підтверджується значеннями коефіцієнта варіації ( $V=11\%$ ).

Маса зерна з качана є основним показником структури врожаю кукурудзи, від якого найбільше залежить врожайність зерна. Вона змінювалась залежно від погодних умов та удобрення в широкому діапазоні – від 100,9 до 226,2 г, а коефіцієнт варіації був дуже високим ( $V=25,3\%$ ). Маса зерна з качана корелювала з озерненістю качана ( $r=0,97$ ) та з масою 1000 зерен ( $r=0,99$ ).

У середньому за роки досліджень найменшою вона була на ділянках, де добрив не вносили (118,9 г), а під впливом удобрення підвищувалась на 24–53%. Системи удобрення істотно не впливали на цей показник. Максимального значення (181,6 г) маса зерна з качана набула у варіанті дослідження з мінеральною системою удобрення і внесенням безпосередньо під кукурудзу  $N_{200}P_{200}K_{200}$ .

Показник маси 1000 зерен змінювався залежно від погодних умов року та удобрення. Залежно від доз добрив вона підвищувалась на 16–28% порівняно до контролю, а мінливість цієї ознаки була середньою ( $V=15\%$ ). Системи удобрення не становили істотного впливу на масу 1000 зерен кукурудзи.

Між показниками структури й урожайністю зерна кукурудзи були виявлені кореляційні залежності та встановлено сильну тісну залежність. Так, коефіцієнт кореляції між урожайністю зерна та довжиною качана становив  $r = 0,94$ , кількістю рядів зерен –  $r = 0,84$ , масою зерна з одного качана –  $r = 0,99$ .

## Вплив погодних умов і удобрення на окремі складові урожаю зерна кукурудзи

Варіант дослідження	Маса насіння з 1 качана, г		Кількість рядків на 1 качан, шт.		Кількість зерен /рядок, шт		Кількість зерен у качані, шт		Довжина качана, см		Маса 1000 зерен, г	
	Рік											
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Без добрив (контроль)	136,9	100,9	14,0	13,3	37,8	33,4	529,2	444,2	20,6	18,5	259	227
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	176,9	117,8	14,0	14,0	39,2	34,0	548,8	476,0	21,1	19,7	318	247
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	209,2	126,1	15,2	14,4	39,7	34,9	603,4	502,6	22,3	20,5	347	251
N <sub>135</sub> P <sub>135</sub> K <sub>135</sub>	226,2	136,9	16,0	14,7	40,0	36,1	640,0	530,7	22,7	20,6	353	258
Гній 9 т	177,8	126,4	14,5	13,6	38,4	33,9	556,8	461,0	21,2	19,3	312	261
Гній 13,5 т	200,0	130,9	14,8	14,1	39,3	34,3	581,6	483,6	21,3	19,8	344	271
Гній 18 т	216,9	133,5	15,8	14,6	39,6	35,9	625,7	524,1	21,7	20,1	347	255
Гній 4,5 т + N <sub>22,5</sub> P <sub>33,7</sub> K <sub>18</sub>	178,5	120,7	14,4	13,8	39,2	34,3	564,5	473,3	21,6	19,6	316	255
Гній 9 т + N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>36</sub>	207,7	130,8	14,8	14,3	40,0	34,9	592,0	499,1	21,6	20,3	351	262
Гній 13,5 т + N <sub>67,5</sub> P <sub>101,2</sub> K <sub>54</sub>	221,5	141,5	15,8	14,9	39,4	35,7	622,5	531,9	21,7	20,5	356	266
НІР <sub>05</sub>	9,6	6,3	0,7	0,7	1,9	1,7	29,3	24,6	1,1	1,0	16,5	12,8
<b>Середня за 2021–2022 рр.</b>												
Без добрив (контроль)	118,9		13,7		35,6		486,7		19,6		243	
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	147,4		14,0		36,6		512,4		20,4		283	
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	167,7		14,8		37,3		553,0		21,4		299	
N <sub>135</sub> P <sub>135</sub> K <sub>135</sub>	181,6		15,4		38,1		585,3		21,7		306	
Гній 9 т	152,1		14,1		36,2		508,9		20,3		287	
Гній 13,5 т	165,5		14,5		36,8		532,6		20,6		308	
Гній 18 т	175,2		15,2		37,8		574,9		20,9		301	
Гній 4,5 т + N <sub>22,5</sub> P <sub>33,7</sub> K <sub>18</sub>	149,6		14,1		36,8		518,9		20,6		286	
Гній 9 т + N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>36</sub>	169,3		14,6		37,5		545,5		21,0		307	
Гній 13,5 т + N <sub>67,5</sub> P <sub>101,2</sub> K <sub>54</sub>	181,5		15,4		37,6		577,2		21,1		311	

Статистичним аналізом побудовані кореляційні поліноміальні моделі залежності між урожайністю кукурудзи і різними показниками її структури (рис. 4–7).

Проведеним моделюванням встановлено, що довжина качана гібриду кукурудзи істотно впливала на врожайність зерна. Максимальна врожайність у гібриду ДКС 3511 формується за довжини качана в межах 22–23 см.

Зв'язок між урожайністю зерна кукурудзи та кількістю рядів зерен характеризується коефіцієнтом кореляції +0,84, що відповідає тісному зв'язку (рис. 5).

Моделювання зв'язку між урожайністю зерна кукурудзи та масою зерна з одного качана дало змогу встановити другу за значимістю ознаку, що впливає на рівень продуктивності (після довжини качана). Коефіцієнт кореляції при цьому становив +0,99 (рис. 6).

Проведений аналіз одержаних експериментальних даних показав, що між показниками урожайності й масою 1000 зерен кукурудзи існує тісна залежність (рис. 7). Коефіцієнт кореляції при цьому становить 0,979.

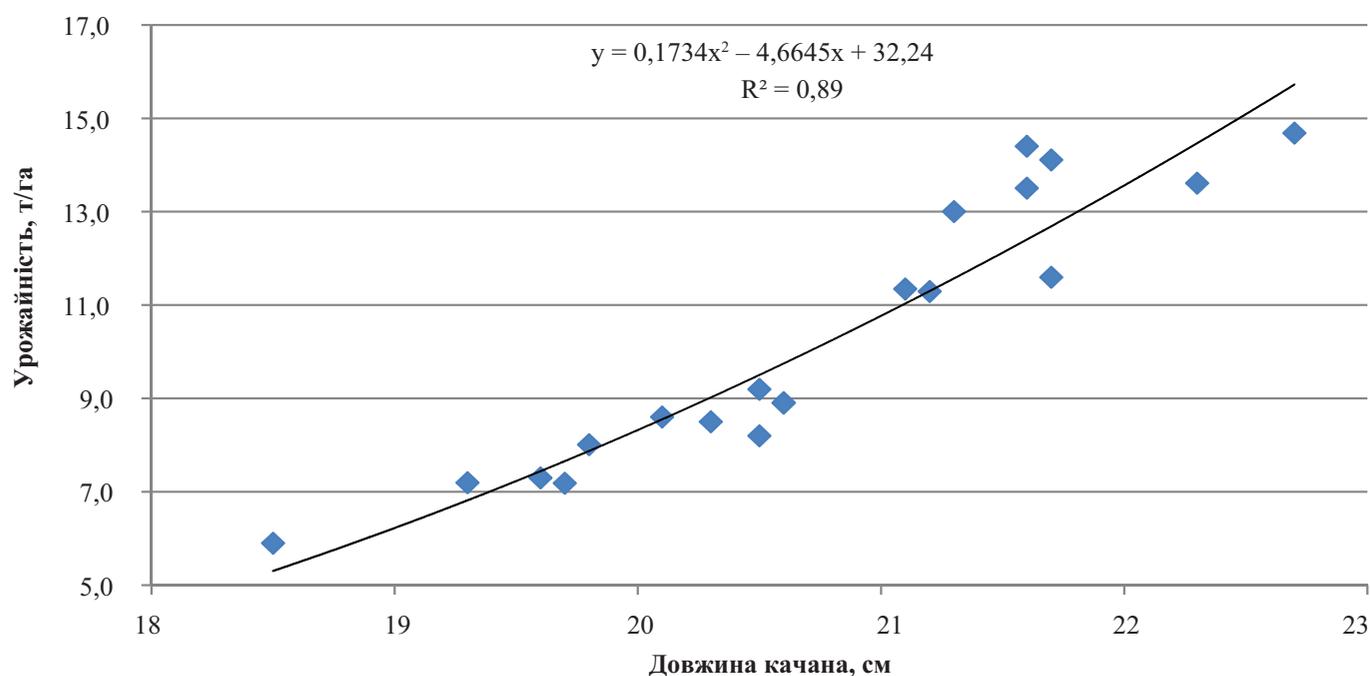


Рис. 4. Поліноміальна лінія тренду залежності довжини качана кукурудзи і врожайності зерна, 2021–2022 рр.

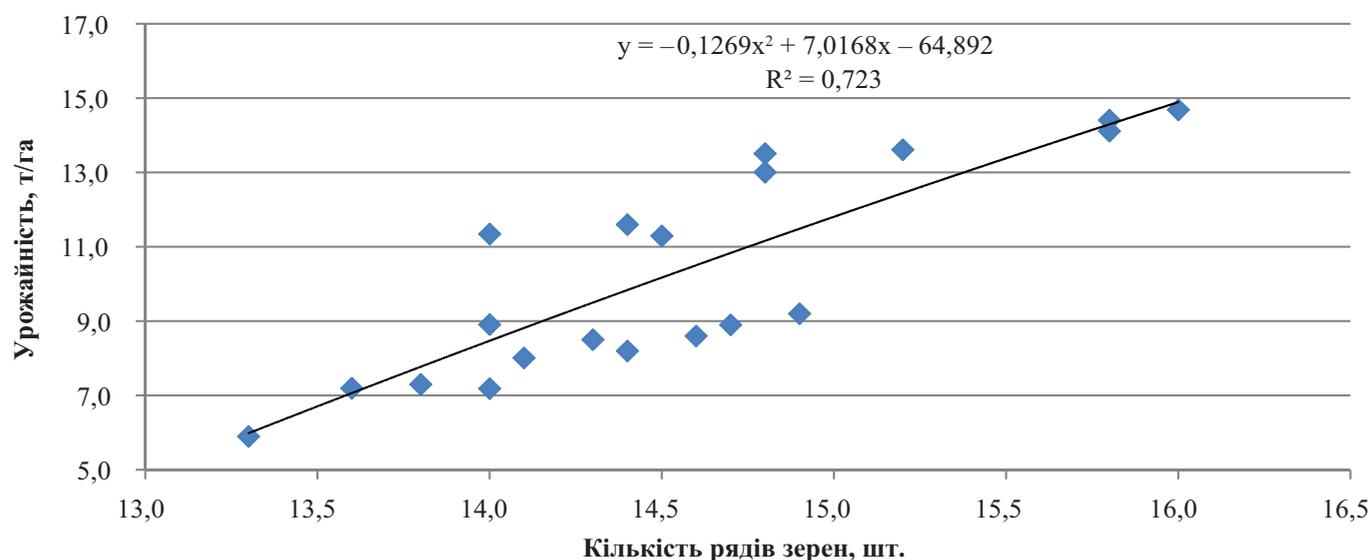


Рис. 5. Поліноміальна лінія тренду залежності кількості рядів зерен у качані кукурудзи і врожайності зерна, 2021–2022 рр.

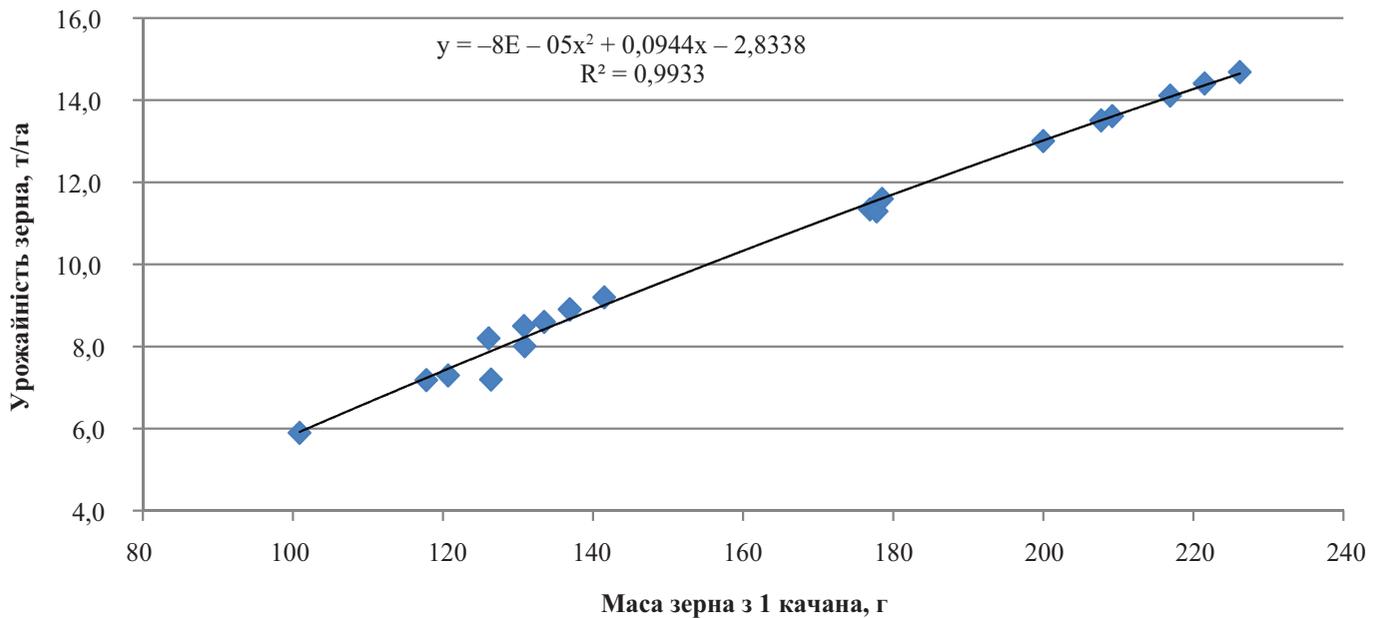


Рис. 6. Поліноміальна лінія тренду залежності маси зерна з качана кукурудзи і врожайності зерна, 2021–2022 рр.

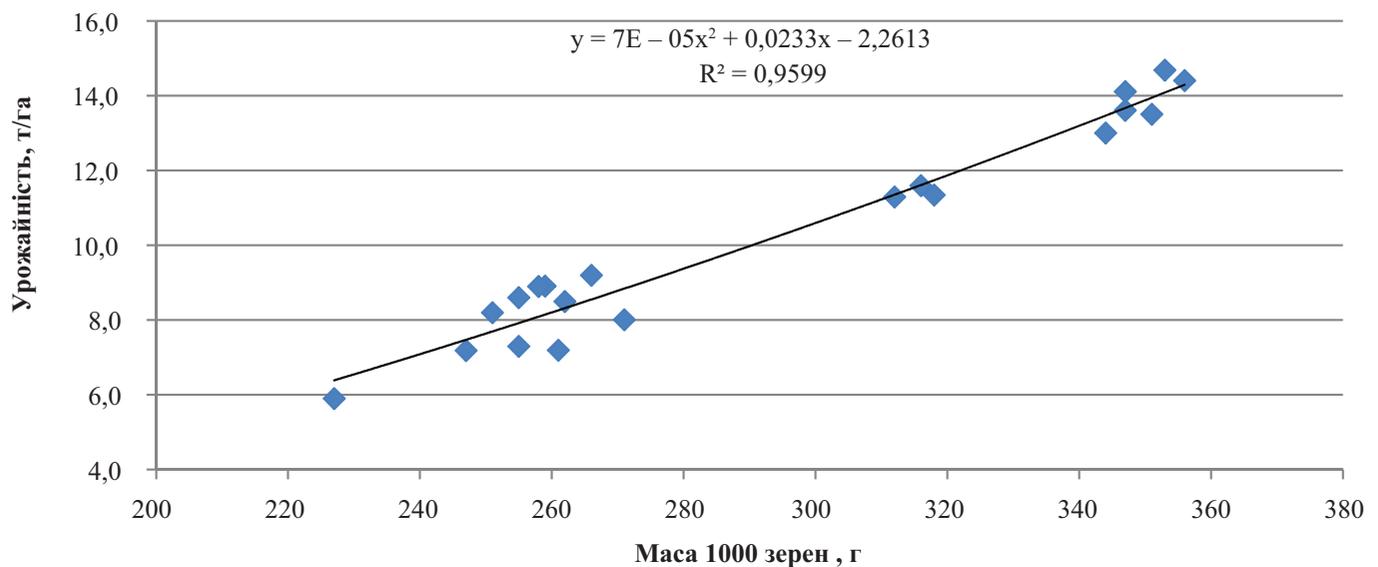


Рис. 7. Поліноміальна лінія тренду залежності маси 1000 зерен кукурудзи і врожайності, 2021–2022 рр.

Отже, виявлені закономірності формування окремих складових структури врожаю кукурудзи залежно від погодних умов і системи удобрення є підґрунтям для удосконалення технології вирощування цієї культури з метою оптимізації її рівня інтенсивності та ефективного використання матеріально-технічних і агрокліматичних ресурсів.

### Висновки

Погодні умови та забезпечення рослин кращими умовами мінерального живлення для росту й розвитку зумовило підвищення врожайності кукурудзи

гібриду ДКС 3511 на 25–59%. Найвищий істотний приріст (4,4 т/га) було одержано за внесення  $N_{200}P_{200}K_{200}$  за мінеральної та органо-мінеральної систем удобрення (гній 13,5 т/га +  $N_{67,5}P_{101,2}K_{54}$ ).

Виявлено, що за вирощування кукурудзи на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому Правобережного Лісостепу кількість качанів на рослині мало змінюється під дією досліджуваних чинників і є більш генетично обумовленою.

Мінливість ознаки «кількість зерен у качані» є середньою ( $V=11\%$ ), а мінливість ознаки «довжина качана» та «кількість рядів на качані» є слабкою ( $V = 5,0\%$ ). Натомість найбільше змінюється

маса зерна з качана ( $V=25,3\%$ ) і маса 1000 зерен ( $V=15,0\%$ ).

За аналізом кореляційних залежностей між показниками структури і врожайності зерна кукурудзи

встановлено сильну тісноту зв'язків. Так, коефіцієнт кореляції між урожайністю зерна та довжиною качана становив  $r = +0,94$ , кількістю рядів зерен –  $r = +0,84$ , масою зерна з одного качана  $r = +0,99$ , масою 1000 зерен –  $0,97$ .

## ЛІТЕРАТУРА

1. SAVEFOOD: Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction. URL: <http://www.fao.org/save-food/en/> (дата звернення: 19.01.2023).
2. Гаврилук А. Валовий збір кукурудзи із 73% площ уже перевищив минулорічний. <https://agrotimes.ua/>. URL: <https://agrotimes.ua/agronomiya/valovyy-zbir-kukurudzy-iz-73-ploshh-uzhe-perevyshhyv-mynulorichnyj/> (дата звернення: 14.01.2023).
3. Польовий А. М., Костюкєвич Т. К., Толмачева А. В. та ін. Вплив кліматичних змін на формування продуктивності кукурудзи в Західному Лісостепу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. Вип. 1. С. 29–36. Doi: 10.31521/2313-092X/2021-1(109).
4. Deb, P., Shrestha, S., & Babel, M. S. Forecasting Climate Change Impacts and Evaluation of Adaptation Options for Maize Cropping in the Hilly Terrain of Himalayas: Sikkim, India. *Theoretical and Applied Climatology*. 2015. Vol. 121. P. 649–667. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1262-4>.
5. Lin, Y., Feng, Z., Wu, W., Yang, Y., Zhou, Y., & Xu, C. (2017). Potential Impacts of Climate Change and Adaptation on Maize in Northeast China. *Agronomy Journal*, 109, 1476–1490. doi: <https://doi.org/10.2134/agronj2016.05.0275/>.
6. Wang, W., Dong, X., Lu, Y., Liu, X., Zhang, R., Li, M., Pu, X. Soil Water Balance and Water Use Efficiency of Rain-Fed Maize under a Cool Temperate Climate as Modeled by the AquaCrop. *Paper Presented at the MATEC Web of Conferences*. 2018. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824601059/>.
7. Basso, B., Cammarano, D., & Carfagna, E. Review of Crop Yield Forecasting Methods and Early Warning Systems. In *Proceedings of the First Meeting of the Scientific Advisory Committee of the Global Strategy to Improve Agricultural and Rural Statistics*. Rome, 2013. P. 15–31.
8. Костюкєвич Т.К., Толмачова А.В. Оцінка впливу зміни клімату на агрокліматичні умови вирощування кукурудзи в центральній частині України. *Science. Innovation. Quality: 1st International Scientific-Practical Conference SIQ – 2020, December 17-18<sup>th</sup>, 2020: Book of Papers*. Berdyansk : BSPU, 2020. P. 264–267.
9. Волощук І.П., Волощук І.С., Глива В.В., Пашак М.О. Погодні умови як чинник впливу на ріст і розвиток рослин кукурудзи в Західному Лісостепу України. *Sciences of Europe*. 2021. 71. С. 3–7.
10. Паламарчук В.Д., Дідур І.М., Колісник О.М., Алексєєв О.О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу Правобережного. Вінниця: ТОВ «Друк», 2020. 536 с.
11. Господаренко Г., Прокопчук І., Бойко В. Урожайність і якість зерна кукурудзи за різного удобрення в польовій сівозміні. *Вісник Львівського НАУ. Агрономія*. 2021. № 25. С. 142–145.
12. Господаренко Г.М., Любич В.В., Леонова К.П., Стоцький В.В. Вплив вапнування чорнозему опідзоленого та удобрення на врожайність кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2022. №13. С. 35–39.
13. Аверчев О.В., Іванів М.О., Лавриненко Ю.О. Індекси врожайності та ефективної продуктивності у гібридів кукурудзи різних груп ФАО за різних способів поливу та вологозабезпеченості в посушливому степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 114. С. 3–12. doi: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.1>.
14. Кореляційні зв'язки динаміки вологості зерна при дозріванні гібридів кукурудзи з морфологічними та господарськими показниками в післяукісних посівах / Ю. О. Лавриненко, П. Н. Лазер, Д. Р. Йокич та ін. *Таврійський науковий вісник*. 2004. Вип. 30. С. 239–246.
15. Турчинова Н. П., Проскурнін М. В. Кореляційні зв'язки між кількісними ознаками у сортів ярого ячменю різних місць репродукції. *Селекція і насінництво*. Харків, 2004. № 89. С. 154–163.
16. Репілевський Д. Е., Іванів М. О. Структура врожаю гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від способів зрошення в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 119. С. 99–111. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.18>.
17. Козубенко Л. В., Гурьева И. А. Селекция кукурузы на раннеспелость. Харьков, 2000. 240 с.
18. Асанішвілі Н. М., Юла В. М., Шляхтурова С. П. Формування елементів структури врожаю

- кукурудзи під впливом технології вирощування в Лісостепу. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 96. С. 663–676. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-663-676.
19. ДСТУ ISO 4138:2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості : Видання офіційне. [Чинний від 2004-01-01]. Київ, 2003. 172 с.
  20. Волкодав В.В. Методика державного сортопробування сільськогосподарських культур / Волкодав В.В. К., 2000. 100 с.
  21. Агрометеорологічний огляд по території Черкаської області 2020–2021 сільськогосподарський рік. ДСНС України Черкаський обласний центр з гідрометеорології. Черкаси, 2021. 40 с.
  22. Агрометеорологічний огляд по території Черкаської області 2021–2022 сільськогосподарський рік. ДСНС України Черкаський обласний центр з гідрометеорології. Черкаси, 2022. 40 с.
  23. Пашенко Ю.М., Борисов В.М., Шишкіна О.Ю. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи: моногр. Дніпропетровськ: Арт-прес, 2009. 224 с.
  24. Бомба М., Дудар І., Литвин О. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від площі живлення. *Вісник Львівського нац. аграр. ун-ту. Серія «Агрономія»*. 2013. № 17 (2). С. 64–67.
  25. Marchenko T.Yu. Innovative elements of cultivation technology of corn hybrids of different FAO groups in the conditions of irrigation. *Natural sciences and modern technological solutions: knowledge integration in the XXI century: collective monograph*. Lviv ; Torun : Liha-Pres, 2019. P. 137–153.
  26. Мінливість складових елементів продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості за умов зрошення / Ю.О. Лавриненко, Т.Ю. Марченко, Р.А. Вожегова, Т.М. Хоменко. *Plant Varieties Studying and protection*. 2019. V. 15. № 3. С. 279–287.
  27. Капустін С. І., Ковтун М. В., Капустін А. С. та ін. Вплив строків сівби на урожайність кукурудзи, структурні показники рослин та її водоспоживання. *Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: «Сільськогосподарські науки»*. 2009. № 11. С. 22–29.
  28. Циков В.С., Дудка М.І., Шевченко О.М., Носов С.С. Ефективність застосування макро- і мікродобрив при вирощуванні кукурудзи. *Зернові культури*. 2017. Т. 1. №1. С.75–79.

## REFERENCES

1. Save Food. (n.d.). Global initiative on food loss and waste reduction. Retrieved from <http://www.fao.org/save-food/en/> (19.01.2023) [in English].
2. Havryliuk A. Valovyi zbir kukurudzy iz 73% ploshch uzhe perevyschyv mynutorichnyi. [Havryliuk A. Gross harvest of corn from 73% of the area has already exceeded last years]. *Agrotimes*. Retrieved from <https://agrotimes.ua/agronomiya/valovyj-zbir-kukurudzy-iz-73-ploshh-uzhe-perevyschyv-mynutorichnyi/> (14.01.2023) [in Ukrainian].
3. Polovyi, A.M., Kostyukievych, T.K., Tolmacheva, A.V. та ін. (2021). Vplyv klimatychnykh zmin na formuvannya produktyvnosti kukurudzy v Zakhidnomu Lisostepu Ukrainy. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomorja*, 1, 29–36. Doi: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-1\(109\)](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-1(109)) [in Ukrainian].
4. Deb, P., Shrestha, S., & Babel, M. S. (2015). Forecasting Climate Change Impacts and Evaluation of Adaptation Options for Maize Cropping in the Hilly Terrain of Himalayas: Sikkim, India. *Theoretical and Applied Climatology*, 121, 649–667. <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1262-4> [in English].
5. Lin, Y., Feng, Z., Wu, W., Yang, Y., Zhou, Y., & Xu, C. (2017). Potential Impacts of Climate Change and Adaptation on Maize in Northeast China. *Agronomy Journal*, 109, 1476–1490. doi :<https://doi.org/10.2134/agronj2016.05.0275> [in English].
6. Wang, W., Dong, X., Lu, Y., Liu, X., Zhang, R., Li, M., & Pu, X. (2018). Soil Water Balance and Water Use Efficiency of Rain-Fed Maize under a Cool Temperate Climate as Modeled by the AquaCrop. Paper presented at the MATEC Web of Conferences. doi : <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824601059> [in English].
7. Basso, B., Cammarano, D., & Carfagna, E. (2013). Review of Crop Yield Forecasting Methods and Early Warning Systems. In *Proceedings of the First Meeting of the Scientific Advisory Committee of the Global Strategy to Improve Agricultural and Rural Statistics* (pp. 15–31) [in English].
8. Kostyukievych, T.K., & Tolmachova, A.V. (2020). Otsinka vplyvu zminy klimatu na ahroklimatychni umovy vyroshchuvannya kukurudzy v tsentralnii chastyni Ukrainy. *Science. Innovation. Quality: 1st International Scientific-Practical Conference SIQ – 2020, December 17-18th, 2020: Book of Papers*, 264–267. Berdyansk: BSPU [in Ukrainian].
9. Voloshchuk, I.P., Voloshchuk, I.S., Hlyva, V.V., & Pashchak, M.O. (2021). Pohodni umovy yak chynnyk vplyvu na rist i rozvytok roslyn kukurudzy v

- zakhidnomu Lisostepu Ukrainy. *Sciences of Europe*, 71, 3–7 [in Ukrainian].
10. Palamarchuk, V.D., Didur, I.M., Kolisnyk, O.M., & Aliksieiev, O.O. (2020). Aspekty suchasnoi tekhnolohii vyroshchuvannya vysokokrokhmalnoi kukurudzy v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho. Vinnytsia: TOV "Druk". (536 s.) [in Ukrainian].
  11. Hospodarenko, H., Prokopchuk, I., & Boiko, V. (2021). Urozhainist i yakist zerna kukurudzy za riznoho udobrennia v polovii sivozmini. *Visnyk Lvivskoho NAU. Ahronomiia*, 25, 142–145 [in Ukrainian].
  12. Hospodarenko, H.M., Liubych, V.V., Leonova, K.P., & Stotskyi, V.V. (2022). Vplyv vapnuvannya chornozemu opidzolenoho ta udobrennia na vrozhainist kukurudzy. *Ahrarni innovatsii*, 13, 35–39 [in Ukrainian].
  13. Averchev, O. V., Ivaniv, M. O., & Lavrynenko, Yu. O. (2020). Indeksy vrozhainosti ta efektyvnoi produktyvnosti u hibrydiv kukurudzy riznykh hrup FAO za riznykh sposobiv polyvu ta volohozabezpechenosti v posushlyvomu stepu Ukrainy. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 114, 3–12. Doi: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.1> [in Ukrainian].
  14. Lavrynenko, Yu. O., Lazer, P. N., Yokych, D. R. ta in. (2004). Koreliatsiini zv'iazky dynamiky volohosti zerna pry dozrivanni hibrydiv kukurudzy z morfolohichnymy ta hospodarskymy pokaznykamy v pisliaukisnykh posivakh. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 30, 239–246 [in Ukrainian].
  15. Turchynova, N. P., & Proskurnin, M. V. (2004). Koreliatsiini zv'iazky mizh kilkisnymy oznakamy u sortiv yarocho yachmeniu riznykh mist reproduktiv. *Selektsiia i nasinnytstvo*, (89), 154–163 [in Ukrainian].
  16. Repilevskyi, D. E., & Ivaniv, M. O. (2021). Struktura vrozhaiu hibrydiv kukurudzy riznykh hrup FAO zalezho vid sposobiv zroshennia v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 119, 99–111. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.18> [in Ukrainian].
  17. Kozubenko, L. V., & Guryeva, I. A. (2000). Seleksiya kukuruzy na rannespelost' [Selection of early-maturing corn]. UAAN, Instytut rasteniievodstva im. V. Ya. Yur'eva. (240 p.) [in Ukrainian].
  18. Asanishvili, N. M., Yula, V. M., & Shliakhturova, S. P. (2020). Formuvannya elementiv struktury vrozhaiu kukurudzy pid vplyvom tekhnolohii vyroshchuvannya v Lisostepu. *Zbirnyk naukovykh prats Umansko-ho NUS*, 96, 663–676. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-663-676 [in Ukrainian].
  19. Derzhavnyi standart Ukrainy (2003). DSTU ISO 4138:2002. Nasynna silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennya yakosti: Vydannya ofitsiine. [Chynnyi vid 2004-01-01]. Kyiv, Ukraina: Derzhavnyi komitet Ukrainy z pytan tekhnichnoho rehuliuвання ta spozhyvchoi polityky, 172 s. [in Ukrainian].
  20. Volkodav, V. V. (2000). Metodyka derzhavnogo sortovyprobuvannya silskohospodarskykh kultur. Derzhavna komisiia Ukrainy po vyprobuvanni ta okhoroni sortiv roslyn. Vypusk 1: Zahalna chastyna. Kyiv, Ukraine: Vydavnytstvo Derzhavnoi sluzhby Ukrainy z pytan heodezii, kartohrafi i ta kadastru. 100 s. [in Ukrainian].
  21. DSNS Ukrainy Cherkaskyi oblasnyi tsentr z hidrometeorolohii (2021). Ahrometeorolohichniy ohliad po terytorii Cherkaskoi oblasti 2020–2021 silskohospodarskyi rik. Cherkasy: vydavnytstvo ne zaznachenno. 40 s. [in Ukrainian].
  22. DSNS Ukrainy Cherkaskyi oblasnyi tsentr z hidrometeorolohii. (2021). Ahrometeorolohichniy ohliad po terytorii Cherkaskoi oblasti 2021–2022 silskohospodarskyi rik. Cherkasy: vydavnytstvo ne zaznachenno. 40 s. [in Ukrainian].
  23. Pashchenko, Yu.M., Borysov, V.M., & Shyshkina, O.Yu. (2009). Adaptivni i resursozberezhni tekhnolohii vyroshchuvannya hibrydiv kukurudzy: monohrafiia. Dnipropetrovsk: Art-pres. 224 s. [in Ukrainian].
  24. Bomba, M., Dudar, I., & Lytvyn, O. (2013). Produktyvnist hibrydiv kukurudzy zalezho vid ploshchi zhyvlennia. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii «Ahronomiia»*, 17(2), 64–67 [in Ukrainian].
  25. Marchenko, T.Yu. (2019). Innovative elements of cultivation technology of corn hybrids of different FAO groups in the conditions of irrigation. Natural sciences and modern technological solutions: knowledge integration in the XXI century (pp. 137–153). Lviv; Torun: Liha-Pres [in English].
  26. Lavrynenko, Yu.O., Marchenko, T.Yu., Vozhehova, R.A., & Khomenko, T.M. (2019). Minlyvist skladovykh elementiv produktyvnosti hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti za umov zroshennia. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(3), 279–287 [in Ukrainian].
  27. Kapustin, S.I., Kovtun, M.V., Kapustin, A.S., ta in. (2009). Vplyv strokiv sivby na urozhainist kukurudzy, strukturni pokaznyky roslyn ta yii vodospozhyvannya. *Naukovyi visnyk Luhanskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii: "Silskohospodarski nauky"*, (11), 22–29 [in Ukrainian].
  28. Tsikov, V.S., Dudka, M.I., Shevchenko, O.M., & Nosov, S. S. (2017). Efektyvnist zastosuvannya makro- i mikrodoz pry vyroshchuvanni kukurudzy [Efficiency of using macro- and microfertilizers in growing corn]. *Zernovi kultury – Grain crops*, 1(1), 75–79 [in Ukrainian].

Hospodarenko H.M., Chernov O.D., Lyubich V.V., Sadovskyi I.S.

*Structure of maize yield depending on the fertilizer system in the conditions of the Right-Bank Forest Steppe*

**Aim.** the research was to determine the manifestation of the influence of individual components of the corn crop structure on the formation of grain yield under the influence of weather conditions and fertilization systems.

**Methods.** The research was carried out in a long-term stationary experiment of the Department of Agrochemistry and Soil Science of the Uman National University of Horticulture on podzolized heavy loam chernozem. The mass of 1000 grains was determined according to DSTU 4138-2000. Analysis of the structure of the harvest according to the "Methodology of the state variety testing of agricultural crops". **Results.** As a result of the conducted research, it was found that the yield of corn increased by 25–39% under the mineral fertilization system, 25–53% organic, and 28–59% organic-mineral, depending on the doses of fertilizers. The dependences of the fertilization system on the indicators of the structure of the corn crop are clarified and those that change the most under the influence of the factors of intensification of the cultivation technology are singled out. Under the influence of fertilizer, the biometric parameters of the cob increased by 4–10%, and the number of grain rows increased by 0,3–1,7 pieces. The variability of these signs was weak ( $V = 5\%$ ). The number of grains in a cob significantly increased under the influence of fertilizer – by 5–20% with the average variability of the trait –  $V = 11\%$ . The mass of grain from the cob varied reliably depending on weather conditions and fertilizer doses in the range from 100,9 to 226,2 g with a very high coefficient of variation – 25,3%. **Conclusions.** Correlational dependences were revealed and a strong closeness between structure indicators and corn grain yield was established. It was established that the correlation coefficient between grain yield and cob length was  $r = 0,94$ , the number of grain rows –  $r = 0,84$ , and the weight of grain from one cob –  $r = 0,99$ . The obtained data can be used to optimize the fertilization system and the structure of corn crops in the Right Bank Forest Steppe depending on weather conditions.

**Key words:** hybrid DKS 3511, weather conditions, chernozem podzolized, fertilization systems, grain yield, correlation dependences.

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Господаренко Г.М.**, доктор с.-г. наук, професор кафедри агрохімії і ґрунтознавства, Уманський національний університет садівництва, e-mail: hospodarenko@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6495-2647.

**Черно О.Д.**, кандидат с.-г. наук, доцент, завідувач кафедри агрохімії і ґрунтознавства, Уманський національний університет садівництва, e-mail: o.chernov@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5021-9340.

**Hospodarenko H.M.**, Doctor of Agricultural Sciences, Sciences, professor of the Department of Agrochemistry and soil science, the Uman National University of Horticulture, e-mail: hospodarenko@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6495-2647.

**Chernov O.D.**, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, head of the Department of Agrochemistry and Soil science, the Uman National University of Horticulture, e-mail: o.chernov@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5021-9340.

**Любич В.В.**, доктор с.-г. наук, професор кафедри харчових технологій, Уманський національний університет садівництва, e-mail: lyubichv@gmail.com, ORCID : 0000-0003-4100-9063.

**Садовський І.С.**, викладач кафедри агрохімії і ґрунтознавства, Уманський національний університет садівництва, e-mail: ihor.sadovskyi@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3914-2834.

**Lyubich V.V.**, Doctor of Agricultural Sciences, professor the Department of Food Technologies, the Uman National University of Horticulture, e-mail: lyubichv@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4100-9063.

**Sadovskyi I.S.**, teacher at the Department of Agrochemistry and Soil Science, the Uman National University of Horticulture, e-mail: ihor.sadovskyi@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3914-2834.

Надійшла 10.03.2023

## ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА АДАПТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ

К.М. Олійник, Г.В. Давидюк, Ю.В. Щербакова

ННЦ «ІЗ НААН» (с.мт Чабани, Україна)

**Мета.** Встановити особливості формування продуктивності пшениці озимої за адаптивних технологій вирощування. **Методи.** Дослідження проводили у Правобережному Лісостепу на базі тривалих дослідів відділу технологій зернових колосових культур розміщеному у межах дослідного поля ННЦ «Інститут землеробства НААН» (Фастівський р-н Київської обл. Для проведення досліджень використовували польовий та лабораторний методи, математично-статистичний аналіз. **Результати.** За результатами рослинної діагностики зроблена оцінка забезпеченості елементами живлення на основних етапах органогенезу пшениці озимої за адаптивних технологій вирощування. Виявлено, що пшениця озима сорту Краєвид, яка вирощувалась за альтернативної технології була забезпечена основними поживними речовинами нижче оптимума протягом вегетації. За ресурсозберігаючих технологій спостерігалась нестача елементів живлення в другій половині вегетації. Оптимальним та найближчим до оптимального забезпечення рослин азотом, фосфором і калієм було впродовж вегетації за інтенсивних енергонасичених технологій вирощування. Визначені величини, направленість і оптимальні параметри накопичення вегетативної та сухої маси рослинами за вирощування їх за різними за інтенсивністю технологіями та показаний їх зв'язок з продуктивністю. Накопичення сухої речовини посівами пшениці озимої впродовж вегетації тісно корелювало з урожайністю цієї культури. Спостерігалась тенденція до збільшення тісноти зв'язку, яка зростала від VI до IX етапу органогенезу. **Висновки.** Встановлено, що в середньому за 2016–2020 рр. найвищу продуктивність посіву пшениці озимої сорту Краєвид 8,93 т/га 1–2 класу якості отримано за інтенсивної енергонасиченої технології, яка передбачала внесення  $P_{80}K_{100} + N_{80II} + N_{100IV} + N_{60VII}$  на фоні внесення побічної продукції попередника та інтегрованого захисту рослин.

**Ключові слова:** азот, фосфор, калій, вегетативна маса рослин, суха речовина, дози добрив, урожайність.

**Вступ.** На фоні зміни клімату в Україні особливо актуальними є адаптивні технології вирощування пшениці озимої, які передбачають застосування сучасних високопродуктивних сортів інтенсивного типу, адаптованих до відповідних умов, розміщення цієї культури після найкращих попередників, внесення мінеральних добрив на запланований урожай, сівбу в оптимальні терміни, використання мікродобрив, стимуляторів росту та нетоварної продукції рослинництва, застосування сучасних інтегрованих систем захисту посівів від бур'янів, хвороб, шкідників та вилягання на основі встановлення економічних порогів шкодочинності [1]. Високоєфективні технології повинні забезпечувати не тільки високу врожайність зерна та його якість, а й бути високоокупними

та безпечними для довкілля [2]. Тому актуальними є дослідження щодо встановлення особливостей формування продуктивності пшениці озимої за адаптивних технологій вирощування.

**Вивчення стану проблеми.** Одним із головних заходів підвищення продуктивності пшениці озимої та поліпшення якості її зерна є застосування мінеральних добрив. Майже половина приросту врожаю зернових культур досягається за рахунок раціонального і збалансованого мінерального живлення рослин [3–5]. Серед зернових колосових культур пшениця озима є найвибагливішою щодо умов мінерального живлення. Завдяки селекційному прогресу сучасні сорти цієї культури характеризуються високим рівнем засвоєння азоту та його реутилізації в рослинах,

що часто супроводжується підвищеними концентраціями інших елементів живлення [6].

Азот у взаємодії з іншими елементами мінерального живлення відіграє значну роль у врожайності та якості зерна [7; 8]. Хоча фосфор необхідний у меншій кількості, ніж інші макроелементи, він є незамінним для росту і розмноження рослин [9]. Калій відомий як поживний елемент, що підвищує врожайність, захищає культуру від хвороб, комах-шкідників, вилягання та пом'якшує вплив теплового стресу [10]. Також калій має значний вплив на поліпшення фотосинтезу у листках в умовах стресу [11]. Для нормального розвитку рослин пшениці озимої необхідні не тільки азот, фосфор, калій, але й мікроелементи [12]. Вченими виявлені статистично значущі зв'язки між вмістом у листках N, P, Mg, Zn та Mn у ВВСН31 та накопиченням білка і клейковини в зерні пшениці [5].

Накопичення сухої речовини є одним із найкращих показників реакції культури на вплив генотипу або чинників навколишнього середовища. Врожайність зерна та біомаса культури значно залежать від сорту та строку посіву. У зернових культур урожайність це добуток біомаси, накопиченої за вегетаційний період і частки сухої речовини накопиченої в зерні. Врожайність зерна пшениці значно позитивно корелює із загальною біомасою ( $r = 0,80$ ) [13; 14].

В зв'язку з поступовими змінами клімату та впровадженням нових сортів пшениці озимої інтенсивного типу з високим генетичним потенціалом продуктивності, актуальними і перспективними є дослідження, спрямовані на вивчення формування продуктивності пшениці озимої за адаптованих технологій вирощування, які розробляються з урахуванням біологічних особливостей культури, реакції її на зміни зовнішнього середовища, особливо в критичні періоди росту і розвитку та комплексу чинників, які впливають на ріст та розвиток рослин.

**Мета дослідження.** У зв'язку з актуальністю проблеми метою роботи є встановити особливості формування продуктивності пшениці озимої за адаптивних технологій вирощування.

**Умови і методика досліджень.** Дослідження проводили на базі стаціонарного багатofакторного досліду відділу адаптивних інтенсивних технологій зернових колосових культур і кукурудзи Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України» у державному підприємстві «Дослідне господарство Чабани» (сmt Чабани, Фастівського р-ну, Київської обл.,

північна частина Правобережного Лісостепу України) у 2016–2020 рр. Попередник пшениці озимої – горох. Досліджували сорт пшениці озимої Краєвид, який належить до цінних пшениць, середньостиглий, зареєстрований у 2013 р. Для проведення досліджень використовували польовий та лабораторний методи, математично-статистичний аналіз. Уміст азоту в рослинах пшениці озимої визначали за ДСТУ ISO 5983:2003, фосфору – ДСТУ ISO 6491:2004, калію – ДСТУ ISO 7485:2003. Уміст сухої речовини визначали за термостатно-ваговим методом. Математико-статистичний аналіз даних виконували з використанням комп'ютерних програм Microsoft Office Excel 2007, Statistica 5.0.

Агротехніка вирощування пшениці озимої була типова для зони Лісостепу. Ґрунт ділянки – темносірий опідзолений, грубопилювато-легкосуглинковий з вмістом гумусу в орному шарі 1,7 %, рН сол. – 5,5, низьким умістом гідролізованого азоту, високим – рухомого фосфору й підвищеним вмістом рухомого калію. Вивчали моделі технологій вирощування, які відрізнялися за дозами внесених мінеральних добрив на фоні заробляння побічної продукції попередника (солома гороху) та інтегрованого захисту рослин, який включав застосування засобів захисту посівів пшениці від бур'янів, хвороб та шкідників відповідно до економічного порогу їх шкодочинності (ЕПШ). Схема удобрення у технологіях вирощування пшениці озимої: вар. 12 (контроль) – без добрив, вар. 10 (альтернативна) – заробляння побічної продукції – фон; вар. 1 (ресурсоощадна) – фон +  $P_{45}K_{45} + N_{30(II)} + N_{30(IV)}$ ; вар. 2 (інтенсивна) – фон +  $P_{90}K_{90} + N_{30(II)} + N_{60(IV)} + N_{30(VII)}$ ; вар. 3 (інтенсивна енергонасичена 1) – фон +  $P_{80}K_{100} + N_{80(II)} + N_{100(IV)} + N_{60(VIII)}$ ; вар 4 (інтенсивна 2) – фон +  $P_{45}K_{45} + N_{30II}N_{60IV} + N_{30VII}$  (доза, розрахована на отримання 8т/га зерна); вар. 5 (інтенсивна енергонасичена 2) – фон +  $P_{135}K_{135} + N_{60(II)} + N_{75(IV)} + N_{45(VII)}$ ; вар 8 (ресурсоощадна з мікродобривами) – фон +  $P_{45}K_{45} + N_{30(II)} + N_{30(IV)}$  + мікродобриво Біфоліар 0,5л/га(VIII). Фосфорні та калійні добрива вносили під основний обробіток ґрунту, азотні – в підживлення на основних етапах органогенезу (II, IV, VII) за Куперман, які відповідають 20–28, 30, 37–46 стадіям за міжнародною шкалою ВВСН [15].

**Результати та їх обговорення.** Продуктивність і якість зерна пшениці озимої значно залежить від умов живлення рослин за різних технологій вирощування. Тому з метою встановлення особливостей формування високопродуктивних ценозів за

адаптивних технологій вирощування в Лісостепу вивчалися закономірності формування продуктивності пшениці озимої залежно від погодних умов вегетаційного періоду та складових елементів технології вирощування (удобрення, системи захисту, регулятори росту, позакореневе підживлення мікродобривами).

Забезпечення рослин елементами живлення на оптимальному рівні протягом вегетації є обов'язковим технологічним прийомом для отримання високого врожаю зерна пшениці [16].

Для встановлення залежності формування продуктивності агроценозу пшениці озимої і його окремих елементів від умов живлення рослин за різних технологій вирощування та для оцінки рівня забезпеченості рослин пшениці озимої елементами живлення на основних етапах органогенезу проводили визначення вмісту загального азоту, фосфору і калію в листках пшениці озимої на IV, VI, IX етапах органогенезу (табл. 1).

Результати визначень показали, що на IV етапі органогенезу вміст основних елементів живлення в листках пшениці озимої змінювався в межах 2,83–4,35% азоту, 0,28–0,44% фосфору та 1,75–3,72% калію залежно від технології вирощування. Кількість загального азоту, фосфору і калію в листках пшениці

озимої залежала від внесених норм добрив за відповідних технологій вирощування.

Установлено, що за технологій із внесенням різних норм мінеральних добрив, вміст азоту в листках на цьому етапі відповідав оптимальним параметрам забезпечення рослин азотом за В.В. Церлінг [17].

Низький рівень забезпеченості відмічали на контролі (без добрив, вар. 12), а також за альтернативної технології (вар. 10), за якої заробляли тільки побічну продукцію попередника. Забезпеченість рослин фосфором була на рівні оптимуму за інтенсивних та інтенсивних енергонасичених технологій, або наближалась до оптимуму за ресурсощадних технологій та була на рівні дуже низької за альтернативної технології та контролю. У забезпеченості рослин пшениці озимої калієм проявилась подібна закономірність.

Посіви пшениці озимої сорту Краєвид на VI етапі органогенезу мали оптимальний рівень забезпеченості азотом у всіх технологіях вирощування, крім контролю та технології, де заробляли побічну продукцію попередника. До VI етапу органогенезу вміст фосфору в листках був на рівні оптимуму або наближався до нього лише за інтенсивних енергонасичених технологій вирощування. Забезпеченість калієм рослин на цьому етапі була низькою лише на контролі

**Таблиця 1. Вміст загального азоту, фосфору і калію в листках пшениці озимої на основних етапах органогенезу, %, середнє за 2016–2018 рр.**

№ варіанта технологій	N,%			P,%			K,%		
	IV	VI	IX	IV	VI	IX	IV	VI	IX
1	3,54	3,40	2,42	0,36	0,27	0,21	2,99	2,83	2,16
2	3,85	3,77	2,98	0,42	0,30	0,25	3,10	2,98	2,37
3	4,35	4,22	3,72	0,43	0,32	0,24	3,33	2,95	2,37
4	3,89	3,73	3,17	0,36	0,27	0,23	3,31	2,95	2,44
5	4,20	4,03	3,30	0,44	0,35	0,28	3,47	2,84	2,54
8	3,56	3,48	2,75	0,39	0,26	0,21	2,92	2,76	2,09
10	2,95	2,82	1,89	0,29	0,20	0,16	2,76	2,12	1,63
12	2,83	2,74	1,75	0,28	0,24	0,14	2,62	2,17	1,53
Параметри вмісту	за В.В. Церлінг [17]								
	IV	VI	IX	IV	VI	IX	IV	VI	IX
дуже низький	< 2,5	< 2,0	< 1,5	< 0,30	< 0,20	< 0,17	< 2,5	< 1,8	< 0,9
низький	2,8–3,2	2,0–2,5	1,8–2,0	0,35	0,25–0,30	0,17–0,22	2,8–3,2	2,0–2,5	1,1–1,8
оптимальний	3,5–4,5	3,0–4,0	3,0–3,7	0,40–0,55	0,35–0,45	0,28–0,34	3,5–4,2	3,0–3,4	2,5–2,8
високий	> 5,5	> 5,0	> 4,5	> 0,60	> 0,50	> 0,40	> 5,0	> 4,0	> 3,0
$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	3,6 ± 0,2	3,5 ± 0,2	2,7 ± 0,2	0,4 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,2 ± 0,0	3,1 ± 0,1	2,7 ± 0,1	2,1 ± 0,1
V, %	14,9	15,1	25,1	16,4	17,0	21,5	9,7	13,0	17,6
НІР <sub>05</sub>	0,6	0,6	0,8	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	0,4

і альтернативній технології. За технологій із внесенням мінеральних добрив вміст калію в листках був близьким до оптимального, але дещо нижчим.

До IX етапу органогенезу вміст азоту, фосфору і калію в листках зменшувався внаслідок інтенсивних ростових процесів рослин. Залежність вмісту азоту в листі від доз внесених добрив за відповідних технологій вирощування відмічали і на IX етапі органогенезу. За інтенсивної енергонасиченої технології 1 (вар. 3) та інтенсивної енергонасиченої 2 (вар. 5), інтенсивної 2 (вар. 4) технологій вирощування вміст азоту у листках пшениці озимої був на рівні оптимального, в межах 3,17–3,72%, у той час як за альтернативної технології (вар. 10) та на контролі (вар. 12) цей показник був низьким – 1,89% і 1,75%. Уміст фосфору в листках коливався в межах 0,14–0,28% і крім інтенсивної енергонасиченої технології 2 (вар. 5), де забезпеченість рослин за величиною вмісту відповідала оптимальним параметрам, забезпеченість була нижчою оптимуму.

Уміст калію в листках змінювався від 1,53% на контролі (вар. 12) до 2,44% за інтенсивної технології 2 (вар. 4) і був дещо нижчий за оптимальні показники, крім інтенсивної енергонасиченої 2 (вар. 5) з оптимальним вмістом калію в листках.

Отже, встановлено, що за даними рослинної діагностики пшениця озима сорту Краєвид, яка вирощувалась за альтернативної технології була забезпечена основними поживними речовинами нижче оптимума впродовж вегетації. Найближчим до оптимальних та оптимальним було забезпечення рослин елементами живлення протягом вегетації за інтенсивних енергонасичених технологій вирощування.

Максимальний рівень реалізації потенціалу продуктивності сорту пшениця озима забезпечує за створення оптимальних умов для її росту і розвитку впродовж усього вегетаційного періоду. Важливе значення в формуванні продуктивності рослинами пшениці озимої має надземна маса. Відомо, що чим більша листкостеблова маса рослин, тим більший в ній запас пластичних речовин для утворення репродуктивних органів і формування врожаю [18].

Проведені впродовж 2016–2020 рр. спостереження за динамікою наростання вегетативної маси рослинами пшениці озимої показали, що найбільша її кількість відмічалась на IX етапі органогенезу. Величина накопичення вегетативної маси залежала від умов вирощування, які створювались технологіями вирощування різної інтенсивності. Так за

ресурсозберігаючої технології, за якої передбачено внесення  $P_{45}K_{45}N_{30(II) + 30(IV)}$  на фоні побічної продукції попередника накопичення вегетативної маси рослинами в 1,4 раза перевищувало його накопичення на контролі, за інтенсивної з внесенням  $P_{90}K_{90}N_{30(II) + 60(IV) + 30(VIII)}$  – в 2 рази, а за інтенсивної енергонасиченої технології, за якої вносили  $P_{135}K_{135}N_{60(II) + 75(IV) + 45(VII)}$  спостерігалось найбільше накопичення вегетативної маси, величина якого в 2,6 раза перевищувала цей показник на контролі (табл. 2). Наростання вегетативної маси тісно корелювало з величиною урожаю пшениці озимої. На IX етапі органогенезу коефіцієнт кореляції дорівнював 0,94, коефіцієнт детермінації – 88%.

Рівень продуктивності пшениці озимої визначався величиною накопичення посівами сухої речовини за період вегетації. Результати п'ятирічних досліджень з накопичення сухої речовини під впливом різних систем удобрення, захисту, обробки стимуляторами свідчили про високу чутливість рослин пшениці озимої до цих елементів технології вирощування і передусім до системи удобрення. За диференційованого збільшення внесення мінеральних добрив зростає і рівень накопичення посівами сухої біомаси. Якщо до IX етапу органогенезу за інтегрованої системи захисту на контрольному варіанті накопичувалось  $439 \text{ г/м}^2$  сухої речовини, то за внесення  $P_{45}K_{45} + N_{30(II)} + N_{30(IV)}$  на фоні заробляння побічної продукції попередника посіви нагромаджували  $648 \text{ г/м}^2$  сухої біомаси (табл. 2). За технології з внесенням  $P_{90}K_{90} + N_{30(II)} + N_{60(IV)} + N_{30(VIII)}$  цей показник зріс до  $898 \text{ г/м}^2$ . Застосування добрив у дозі  $P_{135}K_{135} + N_{60(II)} + N_{75(IV)} + N_{45(VIII)}$  забезпечило найбільше накопичення сухої речовини –  $1164 \text{ г/м}^2$ .

Накопичення сухої речовини посівами пшениці озимої впродовж вегетації тісно корелювало з урожайністю цієї культури. Спостерігалась тенденція до збільшення тісноти зв'язку, яка зростала від VI до IX етапу органогенезу, коефіцієнт кореляції збільшувався від 0,88 до 0,91.

Залежність величини врожаю від накопичення сухої речовини рослинами на IX етапі органогенезу описує рівняння регресії:

$$y = 0,007x + 1,954, \quad (1)$$

де  $y$  – урожайність пшениці озимої, т/га;

$x$  – накопичення сухої речовини рослинами пшениці озимої на IX етапі органогенезу,  $\text{г/м}^2$ ;

Коефіцієнт кореляції становить 0,91, коефіцієнт детермінації – 82%.

**Таблиця 2.** Вплив елементів технології вирощування пшениці озимої сорту Красвід на наростання вегетативної маси та сухої речовини, г/м<sup>2</sup>, середнє за 2016–2020 рр.

№ варіанта	Варіанти удобрення*	Вегетативна маса			Суха речовина		
		Етапи органогенезу					
		IV	VI	IX	IV	VI	IX
1	$P_{45}K_{45}N_{30(II)+30(IV)}$	559	1887	3176	104	260	648
2	$P_{90}K_{90}N_{30(II)+60(IV)+30(VIII)}$	801	2979	4568	138	375	898
3	$P_{80}K_{100} + N_{80II} + N_{100IV} + N_{60VII}$	1002	3535	5363	159	415	1027
4	$P_{45}K_{45} + N_{30II} + N_{60IV} + N_{30VII}$	999	2989	4742	163	382	860
5	$P_{135}K_{135}N_{60(II)+75(IV)+45(VII)}$	1195	3975	5914	208	493	1164
8	$P_{45}K_{45}N_{30(II)+30(IV)}$	644	2105	4452	120	306	733
10	Побічна продукція попередника	434	1721	2564	88	245	574
12	Контроль – без добрив	354	1556	2297	72	216	439
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	748,5 ± 106,1	2593,4 ± 318,4	4134,5 ± 464,7	131,5 ± 15,8	336,5 ± 33,8,0	792,9 ± 85,1
	V, %	40,1	34,7	31,8	34,0	28,4	30,4
	НІР <sub>05</sub>	355,6	1067,0	1557,7	52,9	113,2	285,3

**Примітка.** На варіантах 1,2,3,4,5,8,10 – заробляється побічна продукція попередника.

У результаті досліджень, проведених у 2016–2020 рр. встановлено, що урожайність пшениці озимої, яка була сформована за рахунок природної родючості ґрунту на контролі (без добрив) становила 4,22 т/га зерна з вмістом білка 8,9% та клейковини 16,5%, що відповідає 4 класу якості (табл. 3). За альтернативних технологій вирощування з використанням лише побічної продукції попередника за інтегрованої системи захисту отримано урожайність зерна 4,57 т/га, що на 0,35 т/га перевищувало контроль.

Застосування ресурсощадних технологій з внесенням  $P_{45}K_{45}N_{30(II)+30(IV)}$  на фоні заробляння побічної продукції попередника сприяло одержанню приросту врожаю до контролю 2,91 т/га зерна з вмістом білка 10,2% та клейковини 18,6%. За ресурсощадних технологій вирощування з мікродобривами приріст врожаю зріс до 3,18 т/га зерна. Якість зерна істотно не змінилась порівняно з ресурсощадними технологіями, за обох технологій якість зерна відповідала 4 класу якості.

**Таблиця 3.** Урожай і якість зерна пшениці озимої за адаптивних технологій вирощування (середнє 2016–2020 рр.)

№ варіанта	Варіанти удобрення*	Урожайність, т/га	Приріст урожаю, до контролю	Вміст в зерні, %	
				Білка	Клейковини
1	$P_{45}K_{45}N_{30(II)+30(IV)}$	7,13	2,91	10,2	18,6
2	$P_{90}K_{90}N_{30(II)+60(IV)+30(VIII)}$	8,02	3,80	11,7	20,8
3	$P_{80}K_{100} + N_{80II} + N_{100IV} + N_{60VII}$	8,93	4,71	13,8	24
4	$P_{45}K_{45} + N_{30II} + N_{60IV} + N_{30VII}$	8,27	4,05	12,6	23,0
5	$P_{135}K_{135}N_{60(II)+75(IV)+45(VII)}$	8,91	4,69	12,8	22,3
8	$P_{45}K_{45}N_{30(II)+30(IV)}$	7,40	3,18	10,1	18,0
10	Побічна продукція попередника	4,57	0,35	8,9	16,7
12	Контроль – без добрив	4,22	0	8,9	16,5
	НІР <sub>05</sub>	0,20			

**Примітка.** На варіантах 1,2,3,4,5,8,10 – заробляється побічна продукція попередника.

За інтенсивних технологій вирощування з використанням удобрення в дозі  $N_{120}P_{90}K_{90}$  (варіант 2) та інтегрованого захисту отримали прирости 3,80 т/га при урожайності 8,02 т/га. Білковість зерна становила 11,7%, вміст клейковини – 20,8%, що відповідає 3 класу якості.

У результаті досліджень встановлено, що найвищу врожайність пшениці озимої із якістю зерна, що відповідало 2 класу, забезпечила високоінтенсивна енергонасичена модель технології вирощування. За цієї технології, яка передбачала внесення мінеральних добрив у дозі  $P_{80}K_{100} + N_{80II} + N_{100IV} + N_{60VII}$  на фоні застосування побічної продукції попередника та інтегрований захист посівів, отримано 8,93 т/га зерна, що на 4,71 т/га перевищує урожайність на контролі.

За іншої інтенсивної енергонасиченої моделі технології вирощування, яка передбачала внесення мінеральних добрив у дозі  $P_{135}K_{135} + N_{60II} + N_{75IV} + N_{45VII}$  та застосування інтегрованого захисту рослин також отримано високий рівень урожайності – 8,91 т/га, що перевищувало контроль на 4,69 т/га.

## Висновки

1. За даними рослинної діагностики визначено, що пшениця озима сорту Краєвид, яка вирощувалась

за альтернативної технології була забезпечена основними поживними речовинами нижче оптимума впродовж вегетації. Оптимальним та найближчим до оптимального було забезпечення рослин елементами живлення протягом вегетації за інтенсивних енергонасичених технологій вирощування.

2. Величина накопичення вегетативної маси залежала від умов вирощування, які створювались технологіями вирощування різної інтенсивності. За диференційованого збільшення внесення мінеральних добрив зростає і рівень накопичення посівами сухої біомаси. Накопичення сухої речовини посівами пшениці озимої впродовж вегетації тісно корелювало з урожайністю цієї культури. Спостерігалась тенденція до збільшення тисноти зв'язку, яка зростала від VI до IX етапу органогенезу.
3. Встановлено, що в середньому за 2016–2020 рр. найвищу продуктивність посіву пшениці озимої сорту Краєвид 8,93 т/га отримано за інтенсивної енергонасиченої технології, яка передбачала внесення  $P_{80}K_{100} + N_{80II} + N_{100IV} + N_{60VII}$  на фоні внесення побічної продукції попередника та інтегрованого захисту рослин.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Юла В.М., Романюк П.В., Камінська В.В., Олійник К.М., Асанішвілі Н.М., Мушик Б.В., Дрозд М.О. Адаптивні технології вирощування зернових колосових культур і кукурудзи: рекомендації. Вінниця: ТОВ «Твори», 2020. 64 с. URL: <https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2021/04/01-adaptive-technologies.pdf>
2. Польовий В.М., Лукашук Л.Я., Гук Л.І. Ефективність інтенсифікації технології вирощування пшениці озимої в Західному Ліссостепу. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11 (788). С 35–40. doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-05>
3. Кулик М.І., Онопрієнко О.В., Сиплива Н.О., Божок Ю.О. Урожайність сортів пшениці м'якої (озимої) залежно від системи удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 114. С. 55–62. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.8>
4. Крамарьов С.М., Жемела Г.П., Шакалій С.М. Продуктивність та якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від мінерального живлення в умовах лівобережного Ліссостепу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014, № 6. С. 61–67. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg\\_2014\\_6\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg_2014_6_14)
5. Gaj R., Górski D., Przybył J. Effect of differentiated phosphorus and potassium fertilization on winter wheat yield and quality. 2013, *J. Elem.* 18 (1). 55–67. DOI: 10.5601/jelem.2013.18.1.04.
6. Мірошніченко М.М., Панасенко Є.В., Звонар А.М., Леонов О.Ю., Галасун Ю.П., Гаврилюк В.А. Вимогливість сучасних сортів пшениці озимої до мінерального живлення. *Вісник аграрної науки*. 2021. №4 (817). С. 28–35. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202104-04>
7. Rajčić V., Milivojević J., Popović V., Branković S., Đurić N., Perišić V., Terzić D. Winter wheat yield and quality depending on the level of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization. *Agriculture and Forestry*. 2019. 65 (2). 79–88. DOI: 10.17707/AgriForest.65.2.06
8. Weih M., Pourazari F., Vico G. Nutrient stoichiometry in winter wheat: Element concentration pattern reflects developmental stage and weather. *Scientific Reports*. 2016. 6. article number: 35958. DOI: 10.1038/srep35958

9. Havlin J.L., Beaton J.D., Tisdale S.L. and Nelson W.L. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 7th Edition, Pearson Educational, Inc., Upper Saddle River, New Jersey. 2005. 515 p.
10. Sharma S. and Singh J. Evaluation of split application of potassium for improving yield and potassium uptake in wheat. *International Journal of Chemical Studies*. 2020. 8 (3). 459–464. DOI: 10.22271/chemi.2020.v8.i3e.9254
11. Yi W., Zhongkui Zh., Yuanyuan L., Yulong H., Yanlai H., Jinfang T. High Potassium Application Rate Increased Grain Yield of Shading-Stressed Winter Wheat by Improving Photosynthesis and Photosynthate Translocation. *Front. Plant Sci*. 2020. 28 February. Doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00134>
12. Ямковий В.Ю., Буняк О.І., Яшук Н.О. Продуктивність та якість зерна пшениці озимої залежно від позакореневого підживлення в лівобережному Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2021. 5. С. 101–107. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrар.innov.2021.5.16>
13. Mirosavljevic M., Momcilovic V., Przulj N., Maksimovic I., Putnic Delic M. Dry matter accumulation of winter wheat and barley at different sowing dates. *Ratar. Povrt*. 2018. 55(2). 87–94. doi:10.5937/ratar-pov55-16706
14. Agegnehu G., van Beek C., Bird M.I. Influence of integrated soil fertility management in wheat and tef productivity and soil chemical properties in the highland tropical environment. *Journal of soil science and plant nutrition*. 2014. 14(3). 532–545. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162014005000042>
15. Сайко В.Ф., Лобас М.Г., Яшовський І.В. та ін. Наукові основи ведення зернового господарства. Київ: Урожай, 1994. 336 с.
16. Задонцев А.И. Особенности возделывания озимой пшеницы при орошении на юге Украины. *Вестник с.-х. науки*. 1969. 4. С. 17–21.
17. Марчук І.У., Бикіна Н.М., Бордюжа Н.П. Діагностика живлення рослин. Київ: КОМПРИНТ, 2018. 270 с.
18. Пальчук Н.С. Формування врожайності різними сортами пшениці озимої при вирощуванні після сої в умовах північної частини степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. 4. С. 156–162.

## REFERENCES

1. Yula, V.M., Romaniuk, P.V., Kaminska, V.V., Oliinyk, K.M., Asanishvili, N.M., Mushyk, B.V., Drozd, M.O. (2020). Adaptive technologies for growing grain crops and corn. *Rekomendatsii*. Vinnytsia: TOV «Tvoru». URL: <https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2021/04/01-adaptive-technologies.pdf> [in Ukrainian].
2. Poloviyi, V.M., Lukashchuk, L.Ia., Huk, L.I. (2018). Efektyvnist intensyfikatsii tekhnolohii vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi v Zakhidnomu Lisostepu [Effectiveness of intensification of winter wheat cultivation technology in the Western Forest Steppe]. *Visnyk ahrarnoi nauky, 11 (788)*, 35–40. doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-05> [in Ukrainian].
3. Kulyk, M.I., Onopriienko, O.V., Syplyva, N.O., Bozhok, Yu.O (2020). Urozhainist sortiv pshenytsi miakoi (ozymoi) zalezno vid systemy udobrennia [Yield of soft (winter) wheat varieties depending on the fertilization system]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk, 114*, 55–62. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.8> [in Ukrainian].
4. Kramarov, S.M., Zhemela, H.P., Shakalii, S.M. (2014). Produktyvnist ta yakist zerna pshenytsi miakoi ozymoi zalezno vid mineralnoho zhyvlennia v umovakh livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Productivity and grain quality of soft winter wheat depending on mineral nutrition in the conditions of the left-bank forest-steppe of Ukraine]. *Biuletyn Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy, 6*, 61–67. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg\\_2014\\_6\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg_2014_6_14) [in Ukrainian].
5. Gaj R., Górski D., Przybył J. (2013). Effect of differentiated phosphorus and potassium fertilization on winter wheat yield and quality. *J. Elem.*, 18 (1), 55–67, DOI: 10.5601/jelem.2013.18.1.04 [in English].
6. Miroschnychenko, M.M., Panasenko, Ye.V, Zvonar, A.M., Leonov, O.Iu., Halasun, Yu.P., Havryliuk, V.A. (2021). Vymohlyvist suchasnykh sortiv pshenytsi ozymoi do mineralnoho zhyvlennia [Demandingness of modern varieties of winter wheat to mineral nutrition]. *Visnyk ahrarnoi nauky, 4 (817)*, 28–35. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202104-04> [in Ukrainian].
7. Rajičić, V., Milivojević, J., Popović, V., Branković, S., Đurić, N., Perišić, V., Terzić, D. (2019). Winter wheat yield and quality depending on the level of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization. *Agriculture and Forestry, 65 (2)*, 79–88. DOI: 10.17707/AgricultForest.65.2.06 [in English].

8. Weih, M., Pourazari, F., Vico, G. (2016). Nutrient stoichiometry in winter wheat: Element concentration pattern reflects developmental stage and weather. *Scientific Reports*, 6, article number: 35958. DOI: 10.1038/srep35958 [in English].
9. Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. and Nelson, W.L. (2005). Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 7th Edition, Pearson Educational, Inc., Upper Saddle River, New Jersey [in English].
10. Sharma, S. and Singh, J. (2020). Evaluation of split application of potassium for improving yield and potassium uptake in wheat. *International Journal of Chemical Studies*, 8 (3), 459–464. DOI: 10.22271/chemi.2020.v8.i3e.9254 [in English].
11. Yi, W., Zhongkui, Zh., Yuanyuan, L., Yulong, H., Yanlai, H., Jinfang, T. (2020). High Potassium Application Rate Increased Grain Yield of Shading-Stressed Winter Wheat by Improving Photosynthesis and Photosynthate Translocation. *Front. Plant Sci.*, 28 February. Doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00134> [in English].
12. Yamkovyi, V.Iu., Buniak, O.I., Yashchuk, N.O. (2021). Produktyvnist ta yakist zerna pshenytsi ozymoi zalezno vid pozakorenevoho pidzhyvlennia v livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Productivity and grain quality of winter wheat depending on foliar fertilization in the left-bank forest-steppe of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii*, 5, 101–107. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.16> [in Ukrainian].
13. Miroslavjevic, M., Momcilovic, V., Przulj, N., Maksimovic, I., Putnic Delic, M. (2018). Dry matter accumulation of winter wheat and barley at different sowing dates. *Ratar. Povrt.*, 55(2), 87–94. doi:10.5937/ratpov55-16706 [in English].
14. Agegnehu, G., van Beek, C., Bird, M.I. (2014). Influence of integrated soil fertility management in wheat and tef productivity and soil chemical properties in the highland tropical environment. *Journal of soil science and plant nutrition*, 14(3), 532–545. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162014005000042> [in English].
15. Saiko V.F., Lobas M.H., Yashovskiy I.V. ta in. (1994). Naukovi osnovy vedennia zernovoho hospodarstva [Scientific foundations of grain farming]. Kyiv:Urozhai [in Ukrainian].
16. Zadontsev, A.I. (1969). Osobennosti vzdelyvaniya ozymoi pshenitsy pri oroshenii na yuge Ukrainy [Peculiarities of cultivation of winter wheat under irrigation in the south of Ukraine]. *Vestnik s.-kh. Nauki*, 4, 17–21 [in Russian].
17. Marchuk, I.U., Bykina, N.M., Bordiuzha, N.P. (2018). Diahnostyka zhyvlennia roslyn [Diagnostics of plant nutrition]. Kyiv: KOMPRYNT [in Ukrainian].
18. Palchuk, N.S. (2014). Formuvannia vrozhaivosti riznymi sortamy pshenytsi ozymoi pry vyroshchuvanni pislia soi v umovakh pivnichnoi chastyny stepu Ukrainy [Yield formation of different varieties of winter wheat when grown after soybeans in the conditions of the northern part of the steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomia*, 4, 156–162 [in Ukrainian].

**Oliinuk K.M., Davydiuk A.V., Shcherbakova J.V.**

### **Formation of winter wheat productivity using adaptive growing technologies**

**Aim.** To establish the peculiarities of the formation of productivity of winter wheat under adaptive cultivation technologies. **Methods.** The research was carried out in the right-bank forest-steppe on the basis of long-term experiments of the department of technology of grain ear crops located within the experimental field of the National Research Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences» (Fastiv district, Kyiv region). Field and laboratory methods, mathematical and statistical analysis were used to conduct research. **Results.** According to the results of plant diagnostics, an assessment of the provision of nutrients at the main stages of organogenesis of winter wheat under adaptive cultivation technologies was made. It was found that winter wheat of the Kraevyd variety, which was grown using alternative technology, was supplied with basic nutrients below the optimum during the growing season. Under resource-saving technologies, a lack of nutrients was observed in the second half of the growing season. The optimal and closest to the optimal supply of plants with nitrogen, phosphorus and potassium was during the growing season under intensive energy-rich growing technologies. Values, directionality and optimal parameters of accumulation of vegetative and dry mass by plants during their cultivation using technologies of different intensity are determined, and their relationship with productivity is shown. The accumulation of dry matter by crops of winter wheat during the growing season was closely correlated with the yield of this crop. There was a tendency to increase the closeness of the connection, which increased from the

VI to the IX stage of organogenesis. **Conclusions.** It was established that, on average, for 2016–2020, the highest productivity of sowing winter wheat of the Kraevyd variety, 8.93 t/ha of the 1–2 quality class, was obtained under the intensive energy-rich technology, which involved the introduction of  $P_{80}K_{100} + N_{80}II + N_{100}IV + N_{60}VII$  against the background of the introduction of by-products predecessor and integrated plant protection.

**Key words:** nitrogen, phosphorus, potassium, vegetative mass of plants, dry matter, doses of fertilizers, productivity

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Олійник К.М.**, канд. с.-г. наук, с.н.с., провідний науковий співробітник, відділ технологій зернових колосових культур, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: katerinaoleunik@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5238-0637

**Давидюк Г.В.**, канд. с.-г. наук, с.н.с., завідувач відділу агроєкології і аналітичних досліджень, ННЦ «Інститут

землеробства НААН», e-mail: anndavydiuk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3877-2837

**Щербакова Ю.В.**, науковий співробітник, відділ технологій зернових колосових культур, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: filin-ironichniy@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4887-0112

**Oliinuk K.M.**, Cand. of Agricultural Sciences (Ph. D.), Senior Researcher, leading researcher, the Department of Technologies of Grain Ear Crops and Corn, NSC «Institute of Agriculture of the NAAS», e-mail: katerinaoleunik@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5238-0637

**Davydiuk H.V.**, Cand. of Agricultural Sciences (Ph. D.), Senior Researcher, Head of the Department of Agroecology

and Analytical Research, NSC «Institute of Agriculture of the NAAS», e-mail: anndavydiuk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3877-2837

**Shcherbakova Ju.V.**, researcher, the department of Technologies of Grain Ear Crops and Corn, NSC «Institute of Agriculture of the NAAS», e-mail: filin-ironichniy@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4887-0112

Надійшла 27.02.2023

## РОЗВИТОК ХВОРОБ І ШКІДНИКІВ У ПОСІВАХ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД АГРОТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ

Н.М. Гаврилюк, Л.А. Кузьменко, А.В. Кириченко

ННЦ «ІЗ НААН» (сmt Чабани, Україна)

**Мета.** Виявити найефективніші агротехнічні заходи для контролю чисельності шкідливих організмів в посівах пшениці озимої. **Методи.** Польові, лабораторні та аналітичні. **Польові дослідження** проводили в умовах моніторингових обстежень. **Результати.** В статті подані результати багаторічних досліджень фітосанітарного стану посівів пшениці озимої за різних агротехнічних та імунологічних заходів. **Висновки.** За результатами відділу захисту рослин від шкідників і хвороб ННЦ «Інститут землеробства НААН», своєчасне і якісне застосування агротехнічних заходів протягом 4–5 років дає змогу скоротити видову різноманітність та чисельність популяцій шкідників і збудників хвороб до порогової. За результатами багаторічних досліджень задовільний фітосанітарний стан посівів пшениці озимої забезпечують пізні строки сівби (I-II декади жовтня); значно зменшують пошкодженість рослин шкідниками та хворобами введення у сівозміну багаторічних трав, як попередника пшениці озимої; введення у чотирипільну та трипільну сівозміну буряків цукрових, замість кукурудзи, вівса та ячменю; подовження ротації сівозміни за рахунок введення у чотирипільну сівозміну додаткового поля соняшнику; за насичення сівозміни зерновими до 40%; за альтернативних систем удобрення та за помірних доз мінеральних добрив, зокрема азотних  $N_{30}$ ; розвиток та поширеність корневих гнилей, та пошкодженість стебел злаковими мухами знижувались на неудобреному фоні за обробітку ґрунту по-till. Виявлено сорти з груповою стійкістю до хвороб та шкідників: Полісянка (до борошнистої роси, септоріозу листя, корневих гнилей, злакової попелиці та пшеничного трипса) та Пам'яті Гірка до (борошнистої роси, септоріозу колоса, оливкової плісняви та хлібного пильщика).

**Ключові слова:** строки сівби, сівозміна, добрива, обробіток ґрунту, сорти.

**Вступ.** Фітосанітарний стан посівів зернових культур в останні роки помітно погіршується. Однією із причин є ігнорування або ж недотримання основних агротехнічних норм. За даними ФАО, через втрати від шкідливих організмів людство недобирає в середньому до 30% потенційно можливого врожаю. Окрім того, ситуацію ускладнюють і нестабільні погодні умови. В умовах зміни клімату зростає значення агротехнічних заходів, які дають змогу попередити розвиток хвороб та поширення шкідників або стримати їх розвиток на економічно невідчутному рівні. Агротехнічні заходи захисту є важливою складовою технології вирощування сільськогосподарських культур. Більшість агротехнічних заходів, місце вирощування, сівозміна, обробіток ґрунту, терміни посіву, норми висіву і так далі – це все, фактично, безкоштовний спосіб мінімізувати згубний вплив, який здійснюють шкідники та хвороби зернових культур [1].

Зміна погодних умов впливає на строки сівби озимих культур, в т.ч. пшениці озимої, на її розвиток в період осінньої вегетації та протягом зимівлі. Різні погодні умови впливають на розвиток, розмноження та поширеність шкідливих організмів, а відтак і на їх шкідливість. За ранніх строків сівби рослини пшениці озимої розвивають велику вегетативну масу, сильно кущаться, витягуються, погано загартовуються, сильніше уражуються хворобами (сніговою пліснявою, борошнистою россою, септоріозом листя, іржастими хворобами і корневими гнилями) та шкідниками (злаковими мухами, цикадками, попелицями та ін.). Оптимальні строки сівби забезпечують швидкий ріст рослин і дають їм можливість у короткий час пройти критичний період, у який відбувається заселення їх шкідниками й ураження хворобами [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сівозміна дає змогу різко обмежити шкідливість

шкідників і хвороб, оскільки її ігнорування, насичення окремими культурами порушує біологічну рівновагу ґрунту, сприяє накопиченню специфічної мікрофлори, в т.ч. патогенної [3]. Унаслідок переходу сівозмін із довгоротаційних у короткоротаційні, що зумовлено домінуванням ринкової орієнтації господарств, звужились ланки сівозмін, пшениця озима висівається після культур попередників — соняшнику, кукурудзи на зерно, пшениці озимої та ріпаку, призводить до погіршення фітосанітарного стану її посівів [4].

За допомогою добрив можна значно зменшити або підвищити стійкість рослин до шкідливих організмів, посилити регенераційну здатність рослин, цим самим даючи змогу відновлювати пошкоджені органи. Добрива впливають на ценоз пшениці озимої і є одним з важливих чинників, від яких залежать умови розвитку як рослин, так і шкідливих організмів. Цей вплив проявляється у зміні мікроклімату в посівах, морфологічних особливостей рослин, зміщенні фенологічних фаз їх розвитку, а це вже створює умови для коливання у досить широкому діапазоні рівнів розвитку та розмноження шкідників і хвороб [5; 6].

У сучасному землеробстві змінюються спеціалізація господарств, зростають обсяги мінімального обробітку ґрунту (мілкий, поверхневий, нульовий тощо). Система нульового обробітку ґрунту (*no-till*) набуває поширення у сучасній системі землеробства країни. Завдяки такій технології зростає чисельність ґрунтової біоти – мікроорганізмів, земляних черв'яків, членистоногих (комаха, акарид), а також грибів та мікориз. Обробітком ґрунту можна досягти як безпосередньої загибелі ґрунтових шкідників, так і різкого зниження їх розмноження, виживання і зменшення чисельності та шкоди. Заражені збудниками хвороб рослинні рештки, що залишаються у ґрунті та на його поверхні після збирання культури, є одним із основних джерел поширення хвороб. Своєчасний і високоякісний обробіток ґрунту сприяє швидкому розкладанню післяжнивних решток і бур'янів разом із збудниками хвороб, що знаходяться на них [7; 8].

Важливе значення для землеробства й агротехнологій має використання стійких сортів. Підраховано, що за повного переходу на вирощування лише стійких сортів зернових культур приріст урожаю є рівноцінним збільшенню площ на 15–20%, спрощується технологія їх вирощування та зменшуються енерговитрати завдяки вилученню операцій із хімічного захисту рослин. Підбір сортів і гібридів здійснений

з урахуванням їх екологічної пластичності, толерантності та стійкості проти основних фітопатогенів і фітофагів сприяє збереженню до 40% біологічної врожайності культури без додаткових витрат [9].

Агротехнічний метод при його здійсненні не завжди потребує спеціальних затрат, оскільки базується на звичайних заходах агротехніки [10; 11]. Тому на сьогодні агротехнічні заходи захисту є найбільш економічно вигідними [12]. При розробленні технологій вирощування пшениці озимої важливо врахувати агротехнічні заходи, які дали б змогу сформувати задовільний фітосанітарний стан посівів без додаткових витрат та безпечних для навколишнього середовища.

**Мета досліджень.** Вплив агротехнічних (сівозміни і правильне чергування культур у ній, обробіток ґрунту, строки сівби) та імунологічних (використання стійких сортів) заходів на розвиток і розмноження шкідників та хвороб у посівах пшениці озимої.

**Умови та методика проведення досліджень.** Дослідження проводили в зоні Північного Лісостепу впродовж 2006–2020 рр. в відділі адаптивних інтенсивних технологій зернових колосових культур і кукурудзи розміщеному у Київській обл., ННЦ «Інститут землеробства НААН» смт Чабани та в зоні Лівобережного Лісостепу протягом 2008–2014 рр. у стаціонарному досліді відділу сівозмін і землеробства на меліорованих землях Панфільської дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН». Обліки шкідників і хвороб здійснювали за загальноприйнятими методиками ентомологічних фітопатологічних досліджень. Облік ураження пшениці озимої кореневими гнилями, листовими хворобами проводили за вдосконаленою шкалою ВІЗР [13]. У посівах пшениці озимої здійснено маршрутні обстеження, косіння ентомологічним сачком та аналіз рослин за етапами органогенезу рослин [14].

**Результати та їх обговорення.** За результатами моніторингу найбільш розповсюдженими та шкодочинними хворобами на пшениці озимій були: борошниста роса (*Blumeria graminis* (DC.) Speer. (BLUMGR)), септоріоз листя (*Septoria tritici* Roberge ex Desm. (SEPTTR)), септоріоз колоса (*Septoria nodorum* (Berk.) та кореневі гнилі (*Fusarium* (FUSASP), *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton (PSEUHE)).

Ентомокомплекс був представлений такими фітофагами, як злакові мухи (*Oscinella frit* L.), пшеничний трипс (*Haplothrips tritici* Kurd.), злакові попелиці

(*Sitobion avenat* F.) та хлібний пильщик звичайний (*Cephus pygmaeus* L.). Ці шкідливі організми зустрічалися щороку, чисельність їх залежала від абіотичних факторів, агротехнічних та імунологічних.

**Строки сівби** – один з основних чинників, від якого залежить фітосанітарний стан посівів сільськогосподарських культур. За результатами багаторічних досліджень 2006–2016 рр. метеопосту ННЦ «Інститут землеробства НААН», смт Чабани, внаслідок кліматичних змін, які спостерігаються в останні роки, передпосівний період озимих культур дедалі частіше характеризується перевищенням середньобаторічних показників температури повітря, відсутністю або недостатньою кількістю опадів та нерівномірністю їх розподілу по території, що спричиняє розвиток засушливих явищ.

Через посушливі умови ґрунту, або перезволоження пшеницю озиму висівали у III-й декаді вересня (20–25 вересня). За таких погодних умов строки сівби змістилися до пізніших строків на 7–10 діб порівняно до раніше рекомендованими (рис. 1; 2).

Досліджено, що оптимальними можна вважати строки сівби пшениці озимої від 15–25 вересня,

допустимі до 30 вересня у зоні Північного Лісостепу. У зв'язку з підвищенням температурного режиму восени, подовжився вегетаційний період пшениці озимої, при масовому розмноженні фітофагів та при наявності перших ознак ураженості рослин хворобами в період осінньої вегетації та сприятливих погодних умовах, слід обприскати посіви одним із препаратів дозволених Переліком пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні.

За пізньої сівби (I та II-ї декадах жовтня) посіви менше уражуються восени іржею, борошнистою росою, корневими гнилями, злаковими мухами, попелицями, цикадками, тому необхідність застосовувати пестициди в цей час відпадає.

**Сівозміна** – найрадикальніший захід у технології, якщо він забезпечує правильне чергування культур у просторі і часі. Чергування культур у сівозміні значною мірою обмежує розмноження шкідників і розвиток хвороб.

За результатами багаторічних досліджень 2008–2014 рр. Панфільської дослідної станції, проведених відділом захисту рослин від шкідників і хвороб встановлено, що частка патогенних грибів у ґрунті у сівозмінах залежала від кількості полів у сівозміні, попередників та насиченості сівозміни зерновими колосовими культурами.

Так, за зменшення кількості полів у сівозміні від 4–5 до 2–3 з насиченням зерновими колосовими 50 і 66,7% кількість патогенних грибів у ґрунті була найвищою (55,3–59,1%), що свідчить про погіршення його фітосанітарного стану. Найнижчим (22,1%) цей показник був у п'ятипольній сівозміні за насичення зерновими колосовими культурами 40%. Отже, насиченість сівозмін зерновими колосовими культурами до 66,7–75% посилювало розвиток корневих гнилей до 38,3% та заселеність хлібним пильщиком до 2,8% (табл.1).

Визначені короткоротаційні сівозміни та попередники що забезпечували сприятливий фітосанітарний стан посівів пшениці озимої. Схему стаціонарного дослідження наведено в табл. 2.

Встановлено вплив короткоротаційних сівозмін на ураженість пшениці озимої корневими гнилями. У середньому за роки досліджень розвиток корневих гнилей становив 5,1–8,7% за поширеності — 22,0–38,3%. У сівозмінах введення у чотиріпольну сівозміну буряків цукрових, замість вівса і кукурудзи, сприяло зниженню розвитку корневих гнилей із 7,0–8,2% до 5,2%, поширеності — із 31,1–32,6

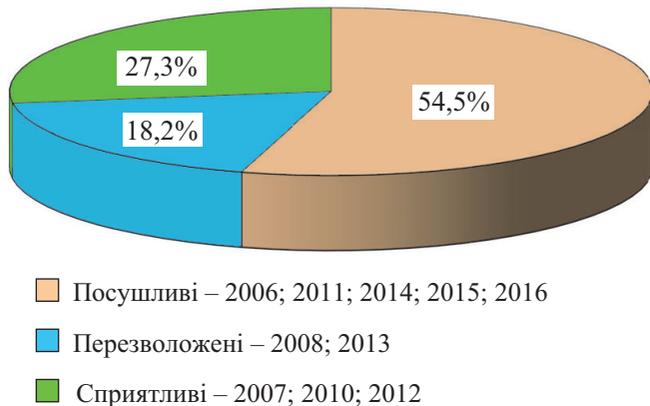


Рис. 1. Вологозабезпечення в період сівби пшениці озимої 2006–2016 рр.



Рис. 2. Строки сівби пшениці озимої 2006–2016 рр.

**Таблиця 1. Фітосанітарний стан пшениці у сівозмiнах рiзної ротацiї (Панфiльська дослiдна станцiя ННЦ «Институт землеробства НААН» 2008–2014 рр.)**

Сiвозмiна (насиченiсть сiвозмiн зерновими колосовими культурами, %)	Патогеннi гриби (факультативнi паразити) у ґрунті, %	Поширенiсть кореневих гнилей, %	Заселенiсть хлiбним пильщиком, %
П'ятипiльна (40)	22,1	22,0	0,9
Чотирипiльна (50)	31,4	22,4	0,8
Чотирипiльна (75)	<b>47,9</b>	<b>31,1</b>	<b>2,8</b>
Трипiльна (33,3)	26,7	26,1	1,5
Трипiльна (66,7)	<b>59,1</b>	<b>38,3</b>	<b>2,1</b>
Двопiльна (50)	<b>55,3</b>	26,1	1,8

до 22,4%. Введення у трипiльну сiвозмiну бурякiв цукрових, замість ячменю, сприяло зниженню поширеностi хвороби від 38,3 до 26,1%. Введення багаторiчних трав як попередника пшеницi озимої, замість гороху та рiпаку, сприяло зниженню як розвитку корневих гнилей з 8,1–8,2 до 5,4%, так i їх поширеностi із 32,6–33,7 до 24,9%.

Дослiджено вплив короткоротацiйних сiвозмiн на структуру ентомологiчного комплексу посiвiв пшеницi озимої. У середньому за роки дослiджень найменша щiльнiсть пшеничного трипса (8,1 екз./колос) була вiдзначена у чотирипiльній сiвозмiні за попередника багаторiчнi трави (№ 6). Введення рiпаку як попередника пшеницi озимої (№ 5), замість багаторiчних трав, сприяло зростанню щiльностi цього фiтофага з 8,1 до 14,4 екз./колос. Найвищий показник вiдзначено у варіанті, де попередником пшеницi озимої був горох — 26,2 екз./колос. Зниженню щiльностi пшеничного трипса до 17,2 екз./колос порiвняно з вiвсом (20,5 екз./колос) i кукурудзою (26,2 екз./колос) сприяло введення у чотирипiльну сiвозмiну поля культури бурякiв цукрових. Подовження ротацiї

чотирипiльної сiвозмiні (№ 2) внаслiдок введення додаткового поля соняшнику (№ 1) сприяло зниженню чисельностi фiтофага від 26,2 до 16,0 екз./колос. У трипiльних сiвозмiнах зростанню щiльностi пшеничного трипса до 17,1 екз./колос порiвняно з буряками цукровими (10,5 екз./колос) (№ 7) сприяло введення поля ячменю (№ 9). Найвища щiльнiсть фiтофага (19,0 екз./колос) була вiдмiчена у сiвозмiні: соя — пшениця озима — кукурудза (табл. 3). Було вивчено вплив попередникiв на пошкодженiсть посiвiв пшеницi озимої хлiбним пильщиком. За середнiми багаторiчними даними введення у чотирипiльну сiвозмiну поля цукрових бурякiв та вiвса, замість кукурудзи, сприяло зниженню пошкодженостi рослин хлiбним пильщиком від 2,8 до 0,8–0,9%; подовження ротацiї за введення поля соняшнику у чотирипiльну сiвозмiну — з 2,8 до 0,9% (№ 1). Вища пошкодженiсть фiтофагом спостерiгалася після попередника — багаторiчнi трави — 3,2% (№ 6). Після попередникiв гороху та рiпаку озимого пошкодженiсть пшеницi озимої хлiбним пильщиком були на однаковому рiвнi – 2,8% (№ 3) та 2,4% (№ 4). У трипiльних

**Таблиця 2. Схема стацiонарного дослiду з вивчення впливу короткоротацiйних сiвозмiн на фiтосанітарний стан посiвiв пшеницi озимої 2011–2013 рр.**

№ вар.	Чергування культури у сiвозмiні				
1	Горох	Пшениця озима	Соняшник	Ячмiнь	Кукурудза
2	Горох	-/-	Кукурудза	-/-	
3	Горох	-/-	Буряки цукрові	-/-	
4	Горох	-/-	Овес	-/-	
5	Рiпак озимий	-/-	Кукурудза	-/-	
6	Багаторiчнi трави	-/-	Кукурудза	Ячмiнь+багаторiчнi трави	
7	Гречка	-/-	Буряки цукрові		
8	Соя	-/-	Кукурудза		
9	Гречка	-/-	Ячмiнь		

Таблиця 3. Схема стаціонарного дослідження, Панфільська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН» 2011–2013 рр.

№ з/п	Внесено добрив, кг/га	у тому числі, кг/га	
		основне удобрення	підживлення за етапами органогенезу
1	$N_{145-165} P_{135} K_{150}$	$N_{25} P_{135} K_{150}$	$N_{50-60}(\text{II-III}) + N_{70-80}(\text{IV-V})$
2	$N_{110-130} P_{90} K_{110}$	$P_{90} K_{110}$	$N_{40-50}(\text{I-III}) + N_{70-80}(\text{IV-V})$
3	$N_{56-66} P_{16} K_{16}$	$N_{16} P_{16} K_{16}$	$N_{40-50}(\text{II-III})$
4	Без добрив (контроль)	–	–

сівозмінах нижча пошкодженість фітофагом спостерігалась у сівозмінах: соя — пшениця озима — кукурудза (1,5%); гречка — пшениця озима — буряки цукрові (1,8%) (№ 8) і зростала у сівозміні: гречка — пшениця озима — ячмінь (до 2,1%) (№ 9).

Отже, пшениця озима менше заселялась пшеничним трипсом у чотирипільній сівозміні після попередника багаторічні трави (8,1 екз./колос) та у трипільній сівозміні: гречка — пшениця озима — буряки цукрові (10,5 екз./колос). Введення у чотирипільну сівозміну поля буряків цукрових і вівса, замість кукурудзи, та подовження ротації введення поля соняшнику у чотирипільну сівозміну сприяло зниженню пошкодження рослин хлібним пильщиком від 2,8 до 0,8% і 0,9% відповідно.

**Науково обґрунтоване застосування добрив** є дуже важливою передумовою оптимізації як технологій вирощування пшениці озимої загалом, так і її складових елементів – систем інтегрованого захисту рослин від шкідливих об'єктів. Під час розроблення технологій вирощування пшениці озимої важливо виявити такий режим живлення рослин, який дав би змогу сформувати задовільний фітосанітарний стан посівів та отримати високий урожай зерна за обмеженого застосування пестицидів.

У стаціонарних дослідженнях ННЦ «Інститут землеробства НААН» відділу адаптивних інтенсивних технологій зернових колосових культур і кукурудзи вивчався вплив різних систем удобрення на заселення та ураження посівів пшениці озимої основними шкідниками та хворобами.

Схема дослідження пшениці озимої включала варіанти з різними дозами мінеральних добрив  $N_{60} P_{45} K_{45}$  та  $N_{120} P_{45} K_{45}$ ; мінеральні добрива  $N_{60} P_{45} K_{45}$  з додаванням мікродобрив з комплексом біостимуляторів; азотні добрива  $N_{30}$  та побічна продукція попередника. Альтернативна система удобрення включала застосування побічної продукції попередника (біологічний

контроль) та контроль – без добрив і побічної продукції попередників. Пшениця висіяна після попередника горох, сорт Краєвид.

За результатами досліджень 2019–2020 рр. найнижча щільність пшеничного трипса у фазі молочної стиглості зерна визначена у варіантах за відсутності мінеральних добрив та побічної продукції попередника – 2,9 та 3,1 екз./колос, відповідно. Найвища щільність фітофага відмічено за найвищою дозою азотних добрив ( $N_{120} P_{45} K_{45}$ ) – 8,4 екз./колос. Зменшення доз азотних добрив  $N_{60} P_{45} K_{45}$  знижувало щільність фітофага з 8,4 на 6,6 екз./колос. У варіантах із заорюванням соломи попередника щільність пшеничного трипса становила 3,1 екз./колос, побічна продукція попередника в поєднанні з азотними добривами  $N_{30}$  збільшила заселеність рослин трипсами від 3,1 до 4,6 екз./колос. Внесення мінеральних добрив без заорювання побічної продукції попередника знизило щільність шкідника з 6,6 на 5,0 екз./колос.

Слід зазначити, що чисельність злакових попельців та хлібного пильщика залежали від погодних умов року. Впродовж вегетаційного періоду масовому розмноженню зазначених фітофагів у весняний період перешкоджали опади зливого характеру та передчасне дозрівання культури літнього періоду. За роками досліджень злакові попельці та хлібні пильщики були відсутні у варіантах із заорюванням рослинних решток попередника горох без мінеральних добрив. Внесення різних їх доз збільшувало заселеність посівів шкідниками.

Розвиток найпоширенішої в досліді хвороби – борошнистої роси був нижчим за внесення лише побічної продукції попередника (біологічний контроль) й у варіанті без внесення мінеральних добрив та побічної продукції попередника (абсолютний контроль) – 15,8 – 23,6%.

Розвиток хвороби посилювали високі дози мінеральних добрив  $N_{120} P_{45} K_{45}$  – 48,0% та  $N_{60} P_{45} K_{45}$

з додаванням мікродобрив із комплексом біостимуляторів Біфоліар Мікроплант 48,0% та 43,8%. Нижчим цей показник був за внесення  $N_{60}P_{45}K_{45}$  – 26,2%.

Розвиток септоріозу листя у досліді коливався, залежно від систем удобрення від 8,8 до 21,3%, та був вищим за внесення високих доз мінеральних добрив на фоні заорювання побічної продукції попередника. Найменший розвиток хвороби спостерігали на біологічному та абсолютному контролях за оптимальних доз добрив  $N_{60}P_{45}K_{45}$  без побічної продукції попередника та з побічною продукцією попередника і компенсуючою дозою азоту  $N_{30}$ .

Ураженість пшениці озимої септоріозом колосу за роками досліджень становила 1,0–20,0%. Простежується пряма залежність інтенсивності ураження пшениці озимої хворобою від доз внесених добрив, особливо азотних. Високий розвиток хвороби відмічено у варіанті з високими дозами азотних добрив на фоні заорювання побічної продукції попередника, який становив 20,0%, а також за мінерального удобрення живлення ( $N_{60}P_{45}K_{45}$ ) із додаванням мікродобрив та регулятора росту – 7,0%. Нижчим розвиток септоріозу колосу був на біологічному та абсолютному контролях і становив 1,0 – 2,0%, відповідно.

Встановлено вплив добрив на ураженість пшениці озимої кореневими гнилями. Розвиток корневих гнилей посилювався за внесення високих доз мінеральних добрив на фоні заорювання п.п.п. ( $N_{120}P_{45}K_{45}$ ) – до 38,0%, за сумісного застосування мінеральних добрив, мікродобрив та стимуляторів росту – до 21,7%, за мінеральної системи живлення  $N_{60}P_{45}K_{45}$  без п.п.п. – до 10,7%. Розвиток хвороби був нижчий на неудобрених фонах з заорюванням п.п.п. і без неї – 9,6–13,3%, та за нижчих доз мінеральних добрив на фоні заорювання побічної продукції попередника – 10,1%.

Розвиток хвороб (борошнистої роси, септоріозу листя та колосу, корневих гнилей) залежав від систем удобрення посівів: посилювали цей показник високі дози азотних добрив. Нижчий розвиток хвороб визначено на неудобрених фонах та за нижчих доз мінеральних добрив на фоні заорювання побічної продукції попередника.

Отже, у системі живлення зернових культур, особливо пшениці озимої, основна роль належить азоту. Незбалансоване застосування азоту з іншими елементами живлення, особливо за підвищених доз азотних добрив  $N_{120}$  та пізніх строків внесення,

призводить до загущення посівів, їхнього вилягання, а за цих умов зростає ураженість рослин борошнистою россою, септоріозом листя, корневими гнилями, іржею й збільшує заселеність посівів пшениці озимої шкідниками, зокрема сисних (трипси, попелиці), що зумовлює необхідність їх захисту за досягнення рівня ЕПШ.

**Обробіток ґрунту.** У стаціонарному досліді відділу сівозмін і землеробства на меліорованих землях Панфільської дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН» досліджували вплив на фітосанітарний стан посівів пшениці озимої трьох обробітків ґрунту – полицевого (22–24 см), мілкого (10–12 см) та нульового (*no-till*) за внесення різних доз добрив:  $N_{56-66}P_{16}K_{16}$ ,  $N_{110-130}P_{90}K_{110}$  та  $N_{145-165}P_{135}K_{150}$ , без добрив (контроль) за двома попередниками – соя та ріпак. Сорт пшениці озимої – Столична. Схему досліді наведено в табл. 3.

Досліджували вплив попередників, систем удобрення та обробітків ґрунту на ураженість пшениці озимої кореневими гнилями. Розвиток корневих гнилей у середньому за роки досліджень становив у варіантах досліді від 9,1 до 15,3% за попередника ріпак та 5,5 до 8,2% за попередника соя.

За результатами досліджень нижчий розвиток та поширеність корневих гнилей спостерігалися за попередника соя за обробітку ґрунту *no-till* (5,5%), порівняно до полицевого (11,4%) та мілкого (8,2%).

За результатами досліджень більший вплив на ураженість рослин кореневими гнилями мали мінеральні добрива за полицевого обробітку ґрунту. За внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{145-165}P_{135}K_{150}$ , порівняно до неудобреного варіанта, розвиток хвороби зростав від 6,3 до 10,0%, поширеність – від 26,3 до 37,5%. За мінімального обробітку ґрунту та *no-till* вплив добрив на ураженість рослин кореневими гнилями був незначним (рис. 4).

За попередника ріпак також простежується тенденція нижчого розвитку корневих гнилей за обробітку ґрунту *no-till* – 9,1% проти 12,6% (мілкий обробіток) та 15,3% (полицевий обробіток) (рис. 3). Мінеральні добрива не мали впливу на прояв хвороби за мілкого обробітку ґрунту, але посилювали незначною мірою розвиток хвороби за полицевого обробітку ґрунту та *no-till*. Нижчий розвиток корневих гнилей спостерігався за попередника соя, на неудобреному фоні та за обробітку ґрунту *no-till*.

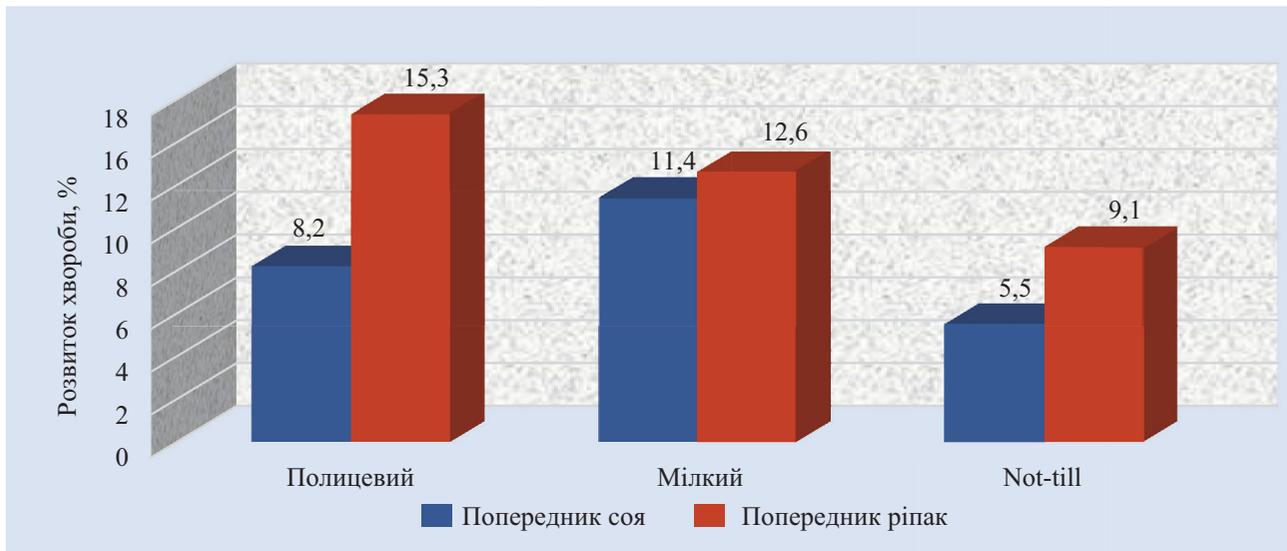


Рис. 3. Ураженість пшениці озимої кореневими гнилями за різних обробіток ґрунту та попередників, Панфільська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН» 2011–2013 рр., %

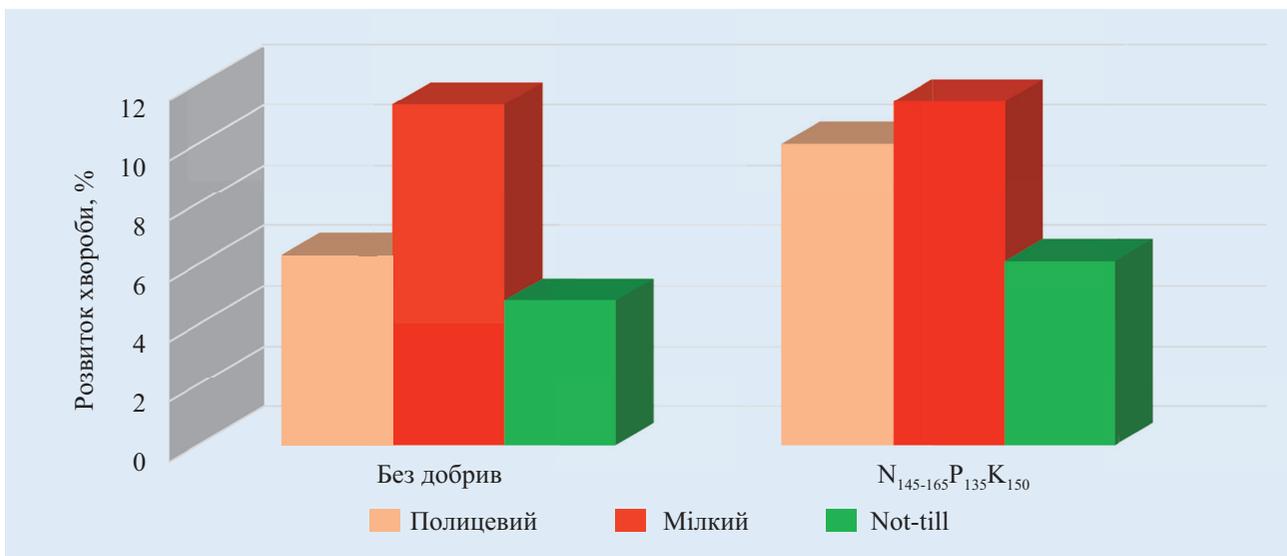


Рис. 4. Ураженість пшениці озимої кореневими гнилями за різних обробіток ґрунту та систем удобрення, Панфільська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН», попередник соя, сер. 2011–2013 рр.

Досліджували вплив попередників, систем удобрення та обробіток ґрунту на заселеність посівів пшениці озимої основними шкідниками. Встановлено, злакові мухи менше заселяли посіви з нульовим обробітком ґрунту, заселеність рослин шкідником зростала за мілкого та полицевого обробіток від 0,7% до 2,6 і 3,2%. За роки досліджень сівба за полицевого та нульового обробіток ґрунту створила більш сприятливі умови для пошкодженості стебел хлібним пильщиком, яка становила 1,5% і 3,0% відповідно. Нижча пошкодженість стебел відмічалась за мілкого обробітку ґрунту – 0,9%. Така сама закономірність спостерігалась за попередника ріпак (рис. 5).

За попередника ріпак щільність пшеничного трипса у фазі молочної стиглості зерна зростала за нульового обробітку ґрунту до 21,0 екз./колос і знижувалась за мілкого – до 16,0 екз./колос та полицевого – 13,4 екз./колос. Така сама закономірність спостерігалась і за попередника соя: щільність пшеничного трипса становила за нульового обробітку – 16,0 екз./колос, мілкого – 12 екз./колос та полицевого – 10 екз./колос (рис. 6).

Внесення фосфорно-калійних добрив ( $P_{135}K_{135}$ ) під основний обробіток ґрунту за попередника соя знижувало пошкодженість рослин злаковими мухами за нульового обробітку ґрунту до 0,7%, порівняно до мілкого 2,6% та полицевого (3,2%). Така сама

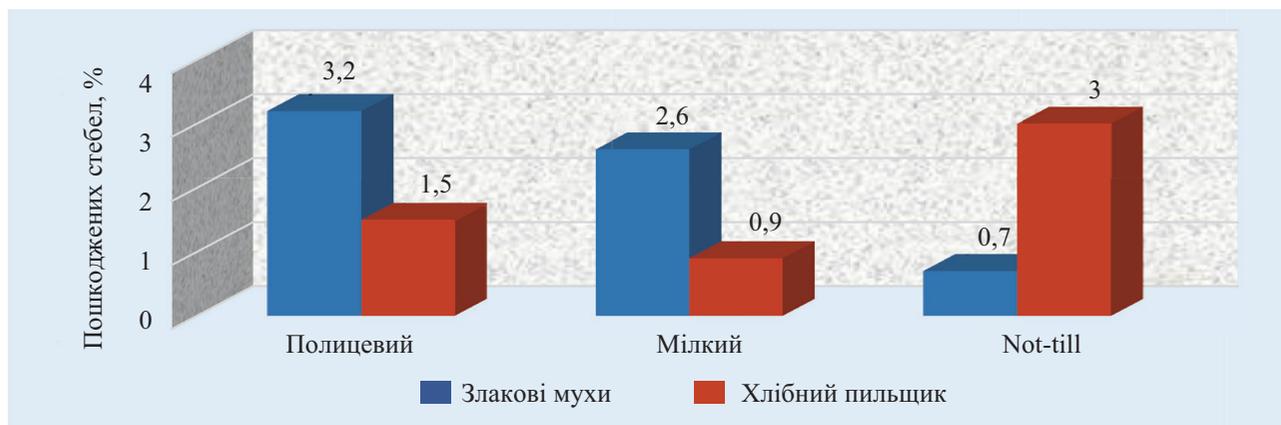


Рис. 5. Відсоток пошкоджених стебел основними шкідниками за різних обробіток ґрунту за попередника соя, Панфільська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН» 2011–2013 рр., %

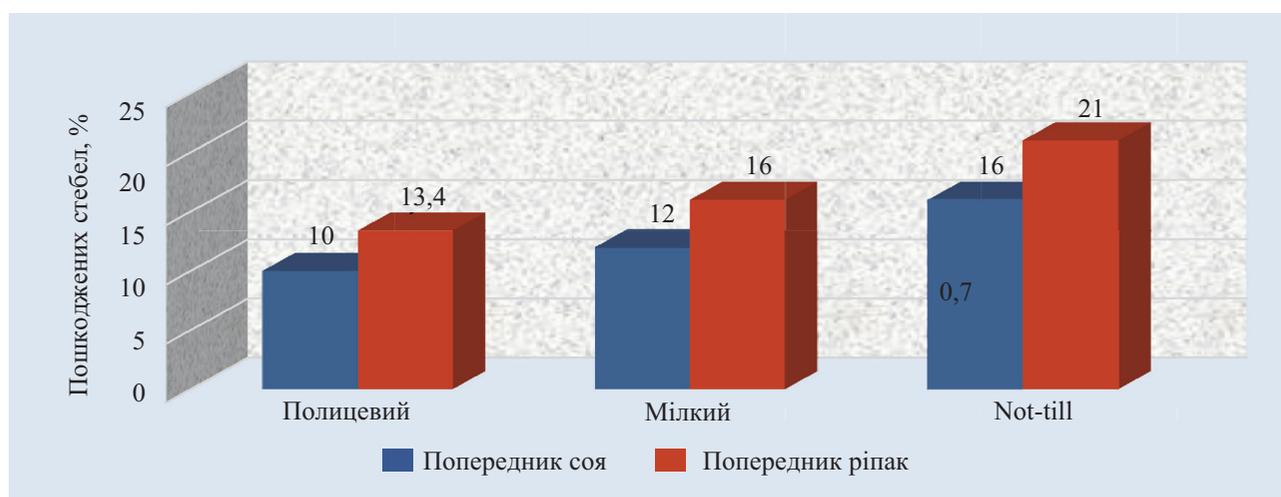


Рис. 6. Щільність пшеничного трипса за різних обробіток ґрунту, Панфільська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН» 2011–2013 рр.

закономірність простежувалась і за попередника ріпак. Щільність пшеничного трипса за внесення  $N_{145}$ ,  $P_{165}$ ,  $K_{150}$  була вищою (15,0–24,3 екз./колос), порівняно до неудобреного фону – 10,0–21,0 екз./колос. Мінеральні добрива не впливали на пошкодженість рослин пшениці озимої хлібним пильщиком.

**Використання стійких сортів** негативно впливає на популяції шкідливих організмів, що знижує їх тиск на агроценози. За відсутності хімічних препаратів збільшується дія природних ентомофагів та інших регулюючих чинників. Для захисту від шкідливих об'єктів необхідно поєднання агротехнічних та біологічних методів захисту. Одним із шляхів посилення біологічного чинника у системах захисту є добір та використання сортів, які виявляють стійкість проти найпоширеніших і найнебезпечніших видів шкідливих організмів.

За результатами 2015–2020 рр. оцінювання польової стійкості сортів пшениці озимої до шкідників

і хвороб у зоні Північного Лісостепу на демонстраційному досліді ННЦ «Інститут землеробства НААН» відділом захисту рослин від шкідників і хвороб було виявлено сорти з високою польовою стійкістю: до борошнистої роси – Пирятинка, Фортеця Поліська, Ефектна, Любіто; до септоріозу листа – Краєвид та Полісянка; до септоріозу колосу – Пам'яті Гірка і Поліська 90; до фузаріозу колосу – Поліська 90, Лісова Пісня Полісянка, Фортеця Поліська, Русява, Пирятинка та Землероб; до оливкової плісняви – Лісова Пісня, Краєвид та Пам'яті Гірка; до корневих гнилей – Фортеця Поліська, Краєвид, Ефектна, Лісова Пісня, Землероб; до бурої листкової іржі – Лісова Пісня, Романівна та Водограй; до сисних шкідників (злакова попелиця і пшеничний трипс) – ранньостиглі сорти Романівна й Осяйна та середньостиглі сорти Полісянка, Заотар, Пирятинка, Мережка; до хлібного пильщика сорти Намисто, Полісянка, Престижна, Колорит, Мокоша, Водограй та Пам'яті Гірка.

Польовою стійкістю до кількох хвороб сорт Полісянка (борошніста роса, септоріоз листя і колосу, бура листкова іржа, кореневі гнилі) та Пам'яті Гірка (борошніста роса, септоріоз колосу, бура листкова іржа, оливкова пліснява); до кількох шкідників (хлібного пильщика, злакових трипсів та злакової попелиці) – Полісянка й Заотар.

Груповою стійкістю до хвороб та шкідників Полісянка (до борошністої роси, септоріозу листя, корневих гнилей, злакової попелиці та пшеничного трипса) і Пам'яті Гірка – до (борошністої роси, септоріозу колоса, оливкової плісняви та хлібного пильщика).

## Висновки

1. В умовах Північного та Лівобережного Лісостепу за результатами багаторічних досліджень дійшли висновку, що своєчасне і якісне застосування агротехнічних заходів протягом тривалого часу в умовах їх повної взаємодії дає змогу скоротити видову різноманітність і чисельність популяцій шкідників і збудників хвороб до порогової, тому виключає, або скорочує необхідність застосування хімічних заходів. До цього висновку дійшов відомий вчений М.С. Корнійчук, маючи майже півсторічний науково-практичний досвід роботи із захисту рослин.
2. Оптимальними строками сівби пшениці озимої у зоні Північного Лісостепу є 15–25 вересня, допустимі до 30 вересня. Пізні строки сівби (I-II декади жовтня) значно зменшують пошкодженість рослин шкідниками та хворобами.
3. Результати досліджень підтверджують, що не варто перевищувати насиченість сівозміни колосовими культурами понад 40–50%. З введення у сівозміну багаторічних трав, як попередника пшениці озимої; введення у чотиріпільну та трипільну сівозміну буряків цукрових, замість кукурудзи, вівса та ячменю; подовження ротації сівозміни за рахунок введення у чотиріпільну сівозміну додаткового поля соняшнику сприяло зниженню ураженості пшениці озимої корневими гнилями, щільності пшеничного трипса та пошкодженості рослин хлібним пильщиком.
4. Застосування альтернативних систем удобрення (заорювання побічної продукції гороху) у технологіях вирощування пшениці озимої забезпечують задовільний фітосанітарний стан посівів пшениці озимої, розвиток корневих гнилей, щільність пшеничного трипса, злакових попелиць та хлібного пильщика не перевищували порогової. Розвиток хвороб (борошністої роси, септоріозу листя та колосу, корневих гнилей) та шкідників (попелиці, трипси) залежали від систем удобрення посівів: посилювали цей показник високі дози азотних добрив.
5. Розвиток та поширеність корневих гнилей, пошкодженість стебел злаковими мухами знижувалась за нульового обробітку порівняно до мілкого та полицевого удвічі-тричі. Щільність пшеничного трипса та пошкодженість хлібним пильщиком навпаки зростала за нульового обробітку. Мінеральні добрива не мали впливу на прояв хвороби за мілкого обробітку ґрунту, але посилювали незначною мірою розвиток хвороби за полицевого обробітку ґрунту та *no-till*. На удобрених фонах зростала щільність пшеничного трипса незалежно від обробітків ґрунту. Не виявлено впливу мінеральних добрив на пошкодженість рослин пшениці озимої хлібним пильщиком.
6. За результатами оцінювання польової стійкості сортів пшениці озимої у зоні Північного Лісостепу до шкідливих організмів було виявлено сорти з груповою стійкістю до хвороб та шкідників *Полісянка* (до борошністої роси, септоріозу листя, корневих гнилей, злакової попелиці та пшеничного трипса); *Пам'яті Гірка* (до борошністої роси, септоріозу колоса, оливкової плісняви та хлібного пильщика).

## ЛІТЕРАТУРА

1. Писаренко В.М., Писаренко П.В. Захист рослин: екологічно обґрунтовані системи. 2002. С. 56–58
2. Kurychenko A., Havryliuk N., Kuzmenko L., Boroko, Y., Raichuk T. Influence of weather conditions on entomological and phytopathogenic complexes of winter wheat in autumn and spring-summer growth season of the forest-steppe zone. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. 11(2). 155–158. Doi: [https://doi.org/10.15421/2021\\_93](https://doi.org/10.15421/2021_93).
3. Сайко В.Ф., Бойко П.І. Сівозміни у землеробстві; за ред. Сайка В.Ф., Бойка П.І. Київ: Аграрна наука, 2002. 146 с.
4. Віннічук Т.С., Пармінська Л.М., Гаврилюк Н.М. Найпоширеніші шкідливі організми у короткоротаційних сівозмінах Лівобережного Лісостепу. *Агроекологічний журнал*. 2014 р. №2. С. 69–73.

5. Корнійчук М.С. Методи контролю фітосанітарного стану польових культур. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. ВП «Едельвейс». 2015. Вип. 2. С. 152–163.
6. Корнійчук М.С., Віннічук Т. С., Пармінська Л.М. Захист польових культур від шкідників і хвороб за технологій органічного виробництва. *Збірник наук. праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2014. Вип. 1–2. С. 98–110.
7. Віннічук Т.С., Пармінська Л.М., Гаврилюк Н.М. Вплив попередників, доз добрив та обробітків ґрунту на фітосанітарний стан посівів пшениці озимої в зоні Лівобережного Лісостепу. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства»*. 2017. № 1 (92) С. 100–107.
8. Сайко В.Ф. Качество зерна пшеницы в зависимости от предшественников. *Земледелие*. 1986. № 11. С. 32–33.
9. Трибель С.О. Стійкі сорти. Радикальне розв'язання проблеми зменшення втрат урожаїв від шкідливих організмів. *Карантин і захист рослин*. 2004. №6. С 6-7.
10. Шерстобоева О.В. Екологічні, економічні та соціальні передумови біологічного землеробства. *Агроекологічний журнал*. 2007. № 1. С. 67–70.
11. Федоренко В.П., Покозій Й.Т., Круть М.В. Ентомологія; за ред. академіка В.П. Федоренка Київ: Фенікс, Колобіг, 2013. 334 с.
12. Корнійчук М.С., Віннічук Т.С., Поліщук С.В. Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні: монографія; за ред. д-ра с.-г. наук, проф., акад. НААН Я.М. Гадзала, д-ра с.-г. наук, проф., НААН В.Ф. Камінського. Київ: Аграрна наука, 2016. 592 с.
13. Ретьман С.В., Лісовий М.П. Реєстраційні випробування фунгіцидів у сільському господарстві; за ред. С.В. Ретьмана, М.П. Лісового. 2013 Київ: Колобіг, 296 с.
14. Омелюта В.П., Григорович І.В., Чабан В.С., Підплічко В.Н., [та ін.] Облік шкідників і хвороб сільськогосподарських культур. Київ: «Урожай», 1986. 294 с.

## REFERENCES

1. Pysarenko V.M., Pysarenko P.V. (2002). «Zakhyst roslyn: ekolohichno obgruntovani systemy» Poltava : Inter Hrafika. 288 s. [in Ukrainian].
2. Kyrychenko A., Havryliuk N., Kuzmenko L., Borko, Y., Raichuk T. (2021). Influence of weather conditions on entomological and phytopathogenic complexes of winter wheat in autumn and spring-summer growth season of the forest-steppe zone. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(2), 155–158. Doi: [https://doi.org/10.15421/2021\\_93](https://doi.org/10.15421/2021_93) [in English].
3. Saiko V.F., Boiko P.I. (2002). Sivozminy u zemlerobstvi. za red. Saika V.F., Boika P.I. K: Ahrarna nauka. 146 s. [in Ukrainian].
4. Vinnichuk T.S., Parminska L.M., Havryliuk N.M. (2014). Naiposhyrenishi shkidlyvi orhanizmy u korotkorotatsiinykh sivozminakh livoberezhnoho Lisostepu. *Ahroekolohichnyi zhurnal*, 2, 69–73 [in Ukrainian].
5. Korniiichuk M.S. (2015). Metody kontroliu fitosanitarnoho stanu polovykh kultur. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*, 2, 152–163 [in Ukrainian].
6. Korniiichuk M.S., Vinnichuk T.S., Parminska L.M. (2014). Zakhyst polovykh kultur vid shkidnykiv i khvorob za tekhnolohii orhanichnoho vyrobnytstva. *Zbirnyk nauk. prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*, 1-2, 98–110 [in Ukrainian].
7. Vinnichuk T.S., Parminska L.M., Havryliuk N.M. (2017). Vplyv poperednykiv, doz dobryv ta obrobitkiv ґрунту na fitosanitarnyi stan posiviv pshenytsi ozymoi v zoni Livoberezhnoho lisostepu. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva»*, 1 (92), 100–107 [in Ukrainian].
8. Sajko V.F. (1986). Kachestvo zerna pshenicy v zavisimosti ot predshestvennikov. *Zemledelie*, 11, 32–33 [in Russian].
9. Trybel S.O. (2004). Stiiki sorty. Radykalne rozviazannia problemy zmeshennia vtrat urozhaiv vid shkidlyvykh orhanizmiv. *Karantyn i zakhyst roslyn*, 6, 6-7 [in Ukrainian].
10. Sherstoboeva O.V. (2007). Ekolohichni, ekonomichni ta sotsialni peredumovy biolohichnoho zemlerobstva. *Ahroekolohichni zhurnal*, 1, 67–70 [in Ukrainian].
11. Fedorenko V.P., Pokozii Y.T., Krut M.V. (2013). «Entomolohiia» za red. akademika V.P. Fedorenka K: Feniks, Kolobih. 334 s. [in Ukrainian].
12. Korniiichuk M.S., Vinnichuk T.S., Polishchuk S.V. (2016). Naukovi osnovy vyrobnytstva orhanichnoi produktsii v Ukraini: Monohrafiia. za red. d-ra s.-h. nauk, prof., akad. NAAN Ya.M. Hadzala, d-ra s.-h. nauk, prof., NAAN V.F. Kaminskoho. Kyiv: Ahrarna nauka. 592 s. [in Ukrainian].
13. Retman S.V., Lisovyi M.P. (2013). Reiestratsiini vyprobuvannia funhitydyv u silskomu hospodarstvi. za red. S.V. Retmana, M.P. Lisovoho. K.: Kolobih. 296 s. [in Ukrainian].
14. Omeliuta V.P., Hryhorovych I.V., Chaban V.S., Pido- plichko V.N. [ta in.] (1986). Oblik shkidnykiv i khvorob silskohospodarskykh kultur. Kyiv: «Urozhai». 294 s. [in Ukrainian].

Havryliuk N. M., Kuzmenko L. A., Kyrychenko A.V.

**Development of diseases and pests in winter wheat crops depending on agrotechnical measures**

**Aim.** To identify the most effective agrotechnical measures to control the number of pests in winter wheat crops.

**Methods.** Field, laboratory, and analytical research methods. We conducted field research as monitoring surveys.

**Results.** The article presents the results of long-term studies of the phytosanitary state of winter wheat crops under various agrotechnical and immunological activities. **Conclusions.** According to the results of the Department of Plant protection from pests and diseases of the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», the timely and high-quality application of agrotechnical measures within 4-5 years allows to reduce the species diversity and the number of populations of pests and pathogens to the threshold level. According to the results of long-term studies, a satisfactory phytosanitary condition of winter wheat crops is provided by late sowing dates (I-II decades of October); the introduction of perennial grasses into the crop rotation as a precursor of winter wheat significantly reduces damage to plants by pests and diseases; introduction of sugar beets in four-field and three-field crop rotation instead of corn, oat, and barley; extension of crop rotation due to the introduction of an additional field of sunflower in the four-field crop rotation; with saturation of crop rotation with cereals up to 40%; under alternative fertilization systems and at moderate doses of mineral fertilizers, in particular nitrogen  $N_{30}$ ; the development and prevalence of root rot, and damage to stems by cereal flies decreased on the unfertilized background under no-till farming. We identified varieties with group resistance to diseases and pests Polisyanka (to powdery mildew, leaf septoria, root rot, cereal aphid, and wheat thrips) and Pamiati Hirka (to powdery mildew, spikelet septoria, olive mold, and bread sawfly).

**Key words:** sowing dates, crop rotation, fertilizers, soil cultivation, varieties.

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Гаврилюк Н.М.**, молодший науковий співробітник, ННЦ «Інститут землеробства НААН», ORCID: 0000-0001-5585-7536

**Кузьменко Л.А.**, молодший науковий співробітник, ННЦ «Інститут землеробства НААН», ORCID: 0000-0003-0552-5722

**Havryliuk N.M.**, Junior Researcher, National Research Center «Institute of Agriculture of the NAAS», ORCID: 0000-0001-5585-7536

**Kuzmenko L.A.**, Junior Researcher, National Research Center «Institute of Agriculture of the NAAS», ORCID: 0000-0003-0552-5722

**Кириченко А.В.**, кандидат сільськогосподарських наук, ННЦ «Інститут землеробства НААН», ORCID: 0000-0002-0064-6130

**Kyrychenko A.V.**, Candidate of Agricultural Sciences, National Research Center «Institute of Agriculture of the NAAS», ORCID: 0000-0002-0064-6130

Надійшла 20.01.2023

## PRODUCTIVITY OF CEREAL GRASSES WITH DIFFERENT RIPENING TIME DEPENDING ON FERTILIZERS

V.H. Kurhak<sup>1</sup>, U.M. Karbivska<sup>2</sup>

<sup>1</sup>NSC «Institute of Agriculture NAAS» (Chabany, Ukraine)

<sup>2</sup>State University «Vasyl Stefanyk Precarpathian National University» (Ivano-Frankivsk, Ukraine)

**Aim.** To determine productivity indicators of perennial cereal grasses with different ripening time depending on fertilizer. **Methods.** Field, laboratory, mathematical-statistical, economic-mathematical. **Results.** The results of studies on the productivity of perennial cereal grasses with different ripening time depending on fertilization on the sod-podzolic soil of the Carpathian region conducted during 2011–2013 are shown. **Conclusions.** Productivity of various types of perennial grasses on nitrogen-free backgrounds varied between 2.53–3.71 t/ha of dry weight, 1.81–2.67 t/ha of feed units, 0.27–0.42 t/ha of crude protein and 20.4–30.4 GJ/ha of exchangeable energy. The most productive were perennial fenugreek, festuca orientalis, awnless brome and reed canary grass. Nitrogen is the most effective nutrient element for the productivity of cereal grass stands. With the introduction of  $P_{60}K_{60}$  compared to the option without fertilizers, productivity increases by 3–23%,  $N_{90}$  against the background of phosphorus and potassium – by 1.8–2.1 times. The difference in harvest ripeness between early- and medium-ripening grass stands in the 1st mowing was 12 days, and between early- and late-ripening – 22 days.

**Key words:** gross and exchangeable energy, fodder units, grass stands with different ripening time, dry mass, raw protein.

**Introduction.** In increasing the production of cheap grass fodder, an important role is played by the intensification of meadow fodder production through the creation of sown cereal meadow grass stands of an intensive type with the introduction of nitrogen mineral fertilizers, which are a reliable measure to increase the productivity of meadow lands by 1.5–2 times and significantly improve the quality of fodder compared to traditional single- and double-edged use [1].

**Analysis of recent research and publications.** It is known that nitrogen fertilizers are one of the factors that increase the productivity of perennial agrophytocenoses. Its supply comes from two sources: application with mineral fertilizers and symbiotic nitrogen fixation by perennial leguminous grasses [2–5]. In the countries of Western Europe, until recently, preference was given to nitrogen mineral fertilizers with its introduction in doses of up to 300 kg/ha, when its use was effective. However, these countries have recently used both of these sources of nitrogen supply [6].

Numerous studies both in Ukraine and in the countries of Eastern Europe have also established the possibility of using increased doses of nitrogen fertilizers

(60–300 kg/ha) on different types of land to increase the productivity of cereal meadow agrophytocenoses [7–9].

The effectiveness of nitrogen fertilizers largely depends on the composition of the meadow grass. Perennial grasses respond best to it, the productivity of which can increase by 1.5–2 or more times depending on the dose from nitrogen application. However, it should be borne in mind that each type of grass reacts differently to nitrogen fertilizers and has its own ecological optimum. These species characteristics of grasses are especially clearly manifested when studying the effectiveness of increasing nitrogen doses, which is confirmed by the results of research in Ukraine [1]. It has been proven that there is a greater return from nitrogen fertilizers in grasslands dominated by upper grasses than lower and low-value weed species. Among the high-elevation grasses, the best response to nitrogen is the festuca orientalis, perennial and multi-flowered fenugreek, awnless brome and reed canary grass, and the worst – meadow sedge, meadow timothy, and marsh sedge [1].

It has also been proven that the species with high sensitivity to nitrogen fertilizers, in the vast majority, are also characterized by high coenotic activity when grown

in compatible crops. These species are violent, which is significantly due to a larger area of the absorbing surface or the capacity of cationic and anionic exchange of roots [1; 10; 11]. It is also noted that perennial grasses also respond better to the application of mineral fertilizers, ensuring their higher efficiency than their use in field crops [12].

The generalization of the results of many experiments showed that in terms of the efficiency of fertilizer application, which is expressed by the payback of 1 kg of fertilizers by the increase in dry weight yield, nitrogen fertilizer provides the greatest return on cereal grass stands, followed by nitrogen-potassium, nitrogen-phosphorus, nitrogen-potassium, phosphorus, potassium and phosphorus [9].

However, despite a significant amount of research on the fertilization of cereal grass stands, the reaction of various types of perennial cereal grasses to the nitrogen of mineral fertilizers has not yet been sufficiently studied in the dry lowlands of the Carpathian region. Our research, which is presented in this article, is aimed at this.

**The purpose of the work** is to establish productivity indicators based on the output of 1 ha of dry mass, feed units, raw protein, and exchangeable energy of perennial cereal grasses with different ripening time depending on fertilizer.

**Research materials and methods.** Research on the reaction of cereal grasses to mineral fertilizers was carried out on sod-podzolic surface-glazed soil in 2010-2013 in the “Druzhba” Dendrological Park of the Pre-Carpathian National University (Tysmenetsk District, Ivano-Frankivsk Region).

A field experiment on the selection of perennial cereal grasses with different fertilizers was carried out according to the following scheme (*grass species and seed sowing rates, kg/ha*):

*Early-ripening grass stands:* cock's-foot, 16.

*Medium-ripening grass stands:* festuca orientalis, 26; perennial fenugreek, 26; awnless brome, 26; red fescue, 18; reed canary grass, 14.

*Late-ripening grass stands:* meadow timothy, 14.

The experiment was conducted on three fertilizer backgrounds:

1) without fertilizers, 2)  $P_{60}K_{60}$ , 3)  $N_{90}P_{60}K_{60}$ .

The size of sowing plots is 10 m<sup>2</sup>, accounting plots – 8 m<sup>2</sup>. The number of variants is 21, plots are 84. The experiment was laid in the summer of 2010, and the records and observations were carried out during 2011–2013.

The following regional varieties of cereal grasses were used in the experiment: cock's-foot – Stanislavska, festuca orientalis – Smerichka, perennial fenugreek – Kolomyyska, awnless brome – Mars, red fescue – Hov-erla, reed canary grass – Sarnenska 40, meadow timothy – Karpatska.

In all experiments, nitrogen mineral fertilizers were applied superficially in the form of ammonium nitrate, phosphorus – granular superphosphate, and potash – calimagnesia. Phosphorous and potash were applied in one time in early spring, nitrogen in a dose of  $N_{90}$  – in three times in equal parts under each mowing.

The use of grass stands was done with three time mowing by carrying out the 1st mowing in the phase of cereal earing, and then – as the growth progressed in 35–45 days after the previous mowing. Mowing was carried out differentially, as the desired phase of vegetation in the widespread component of the grass stand arrived. In each mowing, mowing and harvesting began on early-ripening grass stands, then – on medium-ripening ones, and finished – on late-ripening ones.

Harvest accounting was carried out by weight method, by weighing followed by calculation of yield from 1 ha of green mass, dry mass, fodder units, crude protein, exchangeable and gross energy according to SSTU 8044:2015 [13]. The content of dry mass was determined by the thermostatic weight method at a temperature of 105 °C [14].

The content of fodder units, gross and exchangeable energy in fodder, which were used to calculate general productivity indicators, was determined by the calculation method using the digestibility coefficients of the dry weight of the fodder and its content of crude protein, crude fat, crude fiber, and nitrogen-free extractive substances [15] according to the State Technical Standards 8066:2015 [16].

**Results and their discussion.** Cereal grass stands of an intensive type are created when full mineral fertilizer (nitrogen, phosphorus, potassium) is applied [1; 17]. These fertilizers on cereal grasslands are usually highly effective, increasing the productivity of land and the share of valuable forage species in natural grasslands dominated by valuable meadow grasses from the mesophyte group, as well as improving the economic and energy efficiency of their cultivation in modern conditions with the introduction of moderate doses of nitrogen [18–20].

The comparative productivity of various types of perennial grasses under different fertilization options,

based on the results of our research on sod-podzolic soils, is shown in Table 1.

It was established that, on average, over the three years of use (2011–2013), the most influential factor in terms of yield from 1 ha of dry mass was the fertilizer factor, which accounts for 63%. Meanwhile, 37% is accounted for by the herbage factor. In the first year of use, the fertilizer factor accounted for 61%. In the 2nd year, the influence of the fertilizer factor increased to 63%, and in the 3rd year – to 65%. On the contrary, the influence of the fertilizer factor has decreased by the same amount over the years.

As evidenced by our research, nitrogen in the dose of  $N_{90}$  on the background of  $P_{60}K_{60}$  turned out to be a more influential nutrient element than the combined application of  $P_{60}K_{60}$ . The productivity of various types of perennial grasses in the version without fertilizers was 3.20–3.71 t/ha of dry weight, 2.21–2.67 t/ha of fodder units, 0.33–0.42 t/ha of crude protein and 25.9–30.4 GJ/ha of exchangeable energy. Against the background of the introduction of  $P_{60}K_{60}$ , the productivity varied between 3.35–3.88 t/ha, 2.35–2.79 t/ha, 0.36–0.45 t/ha, and 27.5–31.8 GJ, respectively /ha, which is only 0.14–0.20 t of dry weight more than the option without fertilizers, the yield increase was insignificant. Meanwhile, when applying  $N_{90}P_{60}K_{60}$ , productivity increased to 5.44–6.69 t/ha of dry weight, 3.86–4.82 t/ha of feed units, 0.79–1.04 t/ha of raw protein and 44, 6–55.5 GJ/ha of exchangeable energy, which is 1.6–2.2 times more compared to background  $P_{60}K_{60}$ . In this case, productivity at the output of 1 ha of dry mass increased by 1.97–2.81 t at  $LSD_{05} 0.25$  t.

Among the studied species of perennial cereal grasses in these environmental conditions, perennial fenugreek provided the highest productivity in the first three years of use in all agrophones. Only within the margin of error of the experiment (0.25 t/ha of dry mass), it was inferior to the *festuca orientalis*, the awnless brome and the reed canary grass. By 0.38–1.10 t/ha of dry mass, or by 11–20%, perennial fenugreek, early-ripening cock's-foot, and late-ripening meadow timothy, which were characterized by an average level of productivity, yielded. The least productive was red fescue, which by 0.40–1.25 t/ha of dry mass, or 15–23%, was inferior to perennial fenugreek, *festuca orientalis*, awnless brome and reed canary grass. However, in terms of productivity, it was not significantly inferior to the cock's-foot and the meadow timothy. The analysis of the research results revealed that the productivity of the researched types of

grasses according to the years of their use in terms of yield from 1 ha of dry mass was stable. On nitrogen-free backgrounds (options without fertilizers and  $P_{60}K_{60}$ ), it fluctuated between 3.11–4.00 t/ha of dry mass over the years, and with the annual application of  $N_{90}P_{60}K_{60}$  5.20–7.12 t/ha with an uneven distribution of the harvest over the years 4–7%.

It is known that the perennial grasses introduced into the culture differ in terms of the onset of optimal agrotechnical periods for the use of grass stands for the production of certain grass fodder (mowing for hay, haylage, artificially dried grass fodder or for green fodder, or livestock grazing on green feed). Research by V.H. Kurhak and the generalization of the results of his research [1] established that the early-ripening grasses include the early-ripening varieties of cock's-foot and the meadow foxtail, the mid-ripening varieties include the *festuca orientalis*, perennial fenugreek, awnless brome, red fescue, reed canary grass and the late-ripening – meadow timothy, red top, intermediate wheatgrass.

In the presence of several grass stands in the agricultural enterprise, which are characterized by different periods of onset of fodder maturity, it is possible, on their basis, to extend the optimal agrotechnical period of harvesting herbs in each cycle of use and to organize a green (raw material or pasture) conveyor of continuous and uniform supply of green mass for the production of various types of herbs feed for 140–150 days.

According to our data, the timing of grass mowing for hay, hay or green fodder, especially in the first mowing, depended on the cycles of seasonal development of the dominant components (Table 2). In early-ripening grasses, the 1st mowing occurred on average on 25.05 with fluctuations in the years 20.05–29.05, in medium-ripening in 6.06 with deviations in the years 26.05–11.06, and in late-ripening in 16.06 with fluctuations in 10.06–22.06. According to the averaged data, the 2nd mowing of early-ripening grasses occurred on 9.07, mid-ripening – 22.07 and late-ripening – 5.08, and the 3rd on 20.08, 6.09 and 23.09, respectively. The difference in harvest ripeness between early- and medium-ripe grass stands in the 1st mowing was equal to 12 days, and between early- and late-ripening – 22 days, in the 2nd mowing 13 and 27 days, and in the 3rd – 17 and 34 days, respectively. Since the optimal agrotechnical term for harvesting grasses of the same type in terms of precocity is about 10 days on average, the presence of different types of precocity in the grass conveyor made it possible to extend the optimal period of grass collection in the 1st mowing to an average

Table 1. Productivity of perennial cereal grasses depending on fertilizers, t/ha, 2011–2013

Types of grasses and rates of seed sowing, kg/ha	Fertilizer	Dry mass per years			Average for 2011–2013			
		2011	2012	2013	dry mass	fodder units	raw protein	exchange energy, GJ/ha
<i>Early-ripening grass stands</i>								
cock's-foot, 16	without fertilizer	3.21	3.47	3.30	3.33	2.36	0.37	27.0
	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3.40	3.62	3.40	3.47	2.46	0.39	28.1
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	5.80	6.22	6.40	6.14	4.42	0.96	49.7
<i>Medium-ripening grass stands</i>								
festuca orientalis, 26	without fertilizer	3.45	3.54	3.42	3.47	2.43	0.37	27.8
	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3.60	3.70	3.55	3.62	2.53	0.39	29.0
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	6.30	6.58	6.63	6.50	4.62	0.98	52.7
perennial fenugreek, 26	without fertilizer	3.64	3.80	3.70	3.71	2.67	0.42	30.4
	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3.81	4.00	3.83	3.88	2.79	0.45	31.8
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	6.80	7.12	6.15	6.69	4.82	1.04	55.5
awnless brome, 26	without fertilizer	3.28	3.82	3.63	3.58	2.47	0.38	28.6
	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3.38	3.98	3.83	3.73	2.61	0.40	30.2
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	5.90	6.43	6.67	6.33	4.49	0.94	51.9
red fescue, 18	without fertilizer	3.11	3.28	3.20	3.20	2.21	0.33	25.9
	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3.29	3.41	3.35	3.35	2.35	0.36	27.5
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	5.20	5.51	5.60	5.44	3.86	0.79	44.6
reed canary grass, 14	without fertilizer	3.30	3.78	3.63	3.54	2.41	0.36	28.0
	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3.39	3.89	3.75	3.68	2.50	0.38	29.1
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	5.91	6.51	6.67	6.36	4.32	0.92	50.2
<i>Late-ripening grass stands</i>								
meadow timothy, 14	without fertilizer	3.30	3.52	3.44	3.42	2.39	0.37	27.7
	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3.58	3.68	3.61	3.62	2.53	0.39	29.3
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	5.60	5.63	5.53	5.59	3.97	0.82	46.4
<i>LSD<sub>05</sub>, t/ha by factors:</i>								
grass stand		0.28	0.25	0.22	0.25			
fertilizer		0.24	0.22	0.23	0.23			
<i>Part of the factors, %:</i>								
grass stand		39	37	35	37			
fertilizer		61	63	65	63			

of 32 days, in the 2nd – up to 37 and in the 3rd – up to 44 days. This created favorable conditions not only for improving the quality of fodder and reducing crop losses, but also for a more rational use of harvesting equipment in the system of conveyor production of fodder.

## CONCLUSIONS

1. The productivity of various types of perennial cereal grasses on nitrogen-free backgrounds is 2.53–3.71 t/ha of dry weight, 1.81–2.67 t/ha of fodder units, 0.27–0.42 t/ha of raw protein and 20.4–30.4 GJ/ha

of exchangeable energy. Perennial fenugreek, festuca orientalis, awnless brome and reed canary grass are the most productive, while red fescue is the least productive. Cock's-foot and meadow timothy are characterized by an average level of productivity.

2. Nitrogen is the most important nutrient element in terms of its effect on the productivity of cereal grass stands. With the introduction of N<sub>90</sub> on different backgrounds of phosphorus and potassium, productivity increases by 1.8–2.1 times, while – P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, compared to the variant without fertilizers, is only 3–23%,

**Table 2. Calendar dates of harvesting ripeness in sown cereal grass stands with different ripening time (average of two experiments on the same type of grass mixes, 2011–2013)**

Type of grass stand by precociousness	Mowing		
	1-st	2-nd	3-rd
Early-ripening (cock's-foot)	$\frac{25.05}{20.05-29.05}$	$\frac{9.07}{2.07-15-07}$	$\frac{20.08}{18.08-30.08}$
Medium-ripening (festuca orientalis, perennial fenugreek, awnless brome, red fescue, reed canary grass)	$\frac{6.06}{26.05-11.06}$	$\frac{22.07}{12.07-1.08}$	$\frac{6.09}{27.08-20.09}$
Late-ripening (meadow timothy)	$\frac{16.06}{10.06-22.06}$	$\frac{5.08}{16.07-20.08}$	$\frac{23.09}{14.09-29-09}$

Note. The numerator is the average, the denominator is the deviation by year.

3. Between early- and medium-ripening grass stands, the difference in the onset of harvesting maturity in the 1st mowing is 12 days, and between early- and late-ripening stands – 22 days, and in the 2nd mowing – 13 and 27 days, respectively, and in the 3rd – 17 and 34 days,

which makes it possible to organize a reliable green conveyor belt for the supply of biomass for livestock feeding on the basis of these different maturing grass stands and to save the need for harvesting machines for harvesting grass fodder for the winter period.

## REFERENCES

- Kurhak V.H. (2010). Luchni ahrofitotsenozy. [Meadow agrophytocenoses]. Kyiv: DIA. 374 p. [in Ukrainian].
- Damborg V.K. et. al. (2016). Characterisation of protein and fibre in pulp after biorefining of red clover and perennial ryegrass The multiple roles of grassland in the European bioeconomy *Proceedings of the 26<sup>th</sup> General Meeting of the European Grassland Federation*. Trondheim, Norway. 4-8 September. P. 366–371.
- Nilsdotter-Linde N., Halling M.A. and Jansson J. (2016). Widening the harvest window with contrasting grass-clover mixtures .The multiple roles of grassland in the European bioeconomy. *Proceedings of the 26<sup>th</sup> General Meeting of the European Grassland Federation*. Trondheim, Norway. 4-8 September. P. 191–193 .
- Karbiivska U. M. et. al. (2019). Influence of Agro-technical Measures on the Quality of Feed of Legume-Grass Mixtures *Ukrainian Journal of Ecology*,9(4), 547–551. DOI: 10.15421 / 2019\_788.
- Kurhak V. H. et. al. (2020). Influence of perennial legumes on the productivity of meadow phytocenoses *Ukrainian Journal of Ecology*,10(6), 310–315. doi: 10.15421/2020\_298 [in Russian].
- Davies D.A., Munro J.M. (1974). Potential pasture production in the uplands of Wales 4. Nitrogen response from sown and natural pastureP. *Br. Grassl. Soc.*, 29,149–158 .
- Krapyva L.L. (1964). Vplyv dobryv i pisivu trav na produktyvnist kulturnykh pasovyshch na zaplavnykh lukakh Polissya URSR. [The influence of fertilizers and grass grazing on the productivity of cultural pastures on floodplain meadows of Polissia of the Ukrainian SSR]. *Tezy dop. UNDI3*. Kyiv.P. 37–38 [in Ukrainian].
- Kyrcin M.V. (1973). Stvorennya i ratsionalne vykorystannya kulturnykh pasovyshch. [Creation and rational use of cultural pastures]. Kyiv: Urozhay. 276 P. [in Ukrainian].
- Dovidnyk po sinozhatyakh i pasovyshchakh (1990). [Guide to hayfields and pastures] / Bohovin A.V. i in. (za red. A.V.Bohovina). Kyiv: Urozhay. 208 p.[in Ukrainian]
- Minina I.P. (1972). Lugovyye travosmesi. [Meadow grass mixtures]. Moskva: KoloP. 288 p. [in Russian].
- Dontsov M.B. (1974). Izucheniyе yemkostey kationnogo i anionnogo obmenov korney nekotorykh selskokhozyaystvennykh kultur. [Study of the capacities of cationic and anionic exchanges of the roots of some agricultural crops]. *Fizologiya i biokhimiya kulturnykh rasteniy: Tr. i-ta fiziologii i biokhimi P.-kh. Rasteniy*, 6, 1,86–90[in Russian].
- Toomre R.I. Dolgoletniye kulturnyye pastbishcha. [Long-term cultivated pastures]. Moskva: Kolos, 1966. 400 p. [in Russian].
- DSTU 8044:2015. Uhiddya pryrodni kormovi. Metody vyznachennya produktyvnosti [The land is natural

- fodder. Methods of determining productivity]. Kyiv: DP «UkrNDNTS». 2018. 16 p. [in Ukrainian].
14. Moiseyenko V.F., Yeshchenko V.O. (1994). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomiyi: pidruchnyk*. [Basics of scientific research in agronomy: a textbook]. Kyiv: Vyscha shkola. 334 p. [in Ukrainian].
  15. Normatyvy rozrakhunku pozhyvnosti kormiv v kormovykh odyntsyakh i obminniy enerhiyi (1991.) [Norms for calculating feed nutrition in feed units and exchangeable energy]/ Karpus M. M. V ta in. Kyiv. P. 3–5[in Ukrainian].
  16. DSTU 8066:2015. (2017). *Kormy dlya silskohospodarskykh tvaryn. Metody vyznachennya enerhoyemnosti i pozhyvnosti* [Fodder for farm animal. Methods of determining energy intensity and nutrition]. Kyiv: DP «UkrNDNTS». 12 p. [in Ukrainian].
  17. Larin I.B., Kuksin M.V. (1960). *Lukivnytstvo i pasovyshchne hospodarstvo*. [Onion cultivation and pasture management]. Kyiv: Derzhsilhospydav. 483 p. [in Ukrainian].
  18. Udobrennya sinozhately i pasovyshch (1986). *Pidvyshchennya produktyvnosti sinozhately i pasovyshch* [Fertilization of haymakers and pastures / Increasing the productivity of haymakers and pastures] / Bohovin A.V. ta in. (za red. A.V. Bohovina). Kyiv: Urozhay. P. 120–165 [in Ukrainian].
  19. Makarenko P.P. (1990). *Vliyaniye udobreniy na produktivnost seyanykh poymennykh lugov, kachestvo korma i plodorodiye pochvy*. [Influence of fertilizers on the productivity of sown floodplain meadows, forage quality and soil fertility]. *Agrokhimiya*, 10, 51–58 [in Russian].
  20. Kurhak V., Sarunaite L., Havrish J. (2022). *Economic and energy efficiency of cultivation of alfalfa and gras*. *Agriculture and plant sciences: theory and practice*, 2(4), 51–58.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кургак В.Г. Лучні агрофітоценози. Київ: ДІА, 2010. 374 с.
2. Characterization of protein and fibre in pulp after biorefining of red clover and perennial ryegrass. The multiple roles of grassland in the European bioeconomy / Damborg V.K. et. al. *Proceedings of the 26<sup>th</sup> General Meeting of the European Grassland Federation*. Trondheim, Norway. 4-8 September, 2016. P. 366–371.
3. Nilsson-Linde N., Halling M.A. and Jansson J. Widening the harvest window with contrasting grass-clover mixtures. The multiple roles of grassland in the European bioeconomy. *Proceedings of the 26<sup>th</sup> General Meeting of the European Grassland Federation*. Trondheim, Norway. 4-8 September 2016. P. 191–193.
4. Influence of Agrotechnical Measures on the Quality of Feed of Legume-Grass Mixtures / Karbivska U. M. et. al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. 9(4). P. 547–551. DOI: 10.15421 / 2019\_788.
5. Influence of perennial legumes on the productivity of meadow phytocenoses / Kurhak V. H. et. al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. 10(6). 310–315. doi: 10.15421/2020\_298.
6. Davies D.A., Munro J.M. Potential pasture production in the uplands of Wales 4. Nitrogen response from sown and natural pastures. *Br. Grassl. Soc.* 1974. V. 29. P. 149–158.
7. Крапива Л.Л. Вплив добрив і підсіву трав на продуктивність культурних пасовищ на заплавах луках Полісся УРСР; тези доп. УНДІЗ. Київ, 1964. С. 37–38.
8. Куксін М.В. Створення і раціональне використання культурних пасовищ. Київ: Урожай, 1973. 276 с.
9. Довідник по сіножатях і пасовищах / Боговін А.В. і ін. (за ред. А.В. Боговіна). Київ: Урожай, 1990. 208 с.
10. Мина І.П. Луговые травосмеси. Москва: Колос, 1972. 288 с.
11. Донцов М.Б. Изучение емкостей катионного и анионного обменов корней некоторых сельскохозяйственных культур. *Физиология и биохимия культурных растений: Тр. и-та физиологии и биохимии с.-х. растений*. Киев, 1974. Т. 6. Вып. 1. С. 86–90.
12. Тоомре Р.И. Долголетние культурные пастбища. Москва: Колос, 1966. 400 с.
13. ДСТУ 8044:2015. Угіддя природні кормові. Методи визначення продуктивності. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2018. 16 с.
14. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. Київ: Вища школа, 1994. 334 с.
15. Карпусь М. М., Малієнко А. В та ін. Нормативи розрахунку поживності кормів в кормових одиницях і обмінній енергії. Київ: 1991. С. 3–5.
16. ДСТУ 8066:2015. Корми для сільськогосподарських тварин. Методи визначення енергоємності і поживності. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 12 с.

17. Ларін І.В., Куксін М.В. Луківництво і пасовищне господарство. Київ: Держсільгоспвидав, 1960. 483 с.
18. Удобрення сіножатей і пасовищ/Підвищення продуктивності сіножатей і пасовищ / Боговін А.В. та ін. (за ред. А.В.Боговіна). Київ: Урожай, 1986. С. 120–165.
19. Макаренко П.С. Влияние удобрений на продуктивность сеяных пойменных лугов, качество корма и плодородие почвы. *Агрохимия*. 1990. № 10. С. 51–58.
20. Kurhak V., Sarunaite L., Havrish J. Economic and energy efficiency of cultivation of alfalfa and grass. *Agriculture and plant sciences: theory and practice*. 2022. 2(4). С. 51–58.

### Кургак В.Г., Карбівська У.М.

#### *Продуктивність різностиглих злакових трав залежно від застосування мінеральних добрив*

**Мета.** Встановити показники продуктивності різностиглих багаторічних злакових трав залежно від удобрення. **Методи.** Польовий, лабораторний, математико-статистичний, економіко-математичний. **Результати.** Представлено результати досліджень із вивчення продуктивності різностиглих багаторічних злакових трав залежно від удобрення на дерново-підзолистому ґрунті Прикарпаття проведених упродовж 2011–2013 рр. **Висновки.** Продуктивність різних видів багаторічних злакових трав на безазотних фонах коливалась у межах 2,53–3,71 т/га сухої маси, 1,81–2,67 т/га кормових одиниць, 0,27–0,42 т/га сирого протеїну і 20,4–30,4 ГДж/га обмінної енергії. Найпродуктивнішими були пажитниця багаторічна, костріця східна, стоколос безостий та очеретянка звичайна. Найбільш діючим поживним елементом на продуктивність злакових травостой є азот. За внесення  $P_{60}K_{60}$  продуктивність порівняно з варіантом без добрив збільшується на 3–23 %,  $N_{90}$  на фоні фосфору та калію – в 1,8–2,1 рази. Різниця в настанні збиральної стиглості між ранньо- і середньостиглими травостоями в 1-му укосі становила 12 діб, а між ранньо- і пізньостиглими – 22 доби.

**Ключові слова:** валова і обмінна енергія, кормові одиниці, різностиглі травостої, суха маса, сирий протеїн.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Кургак В.Г.**, доктор сільськогосподарських наук, професор, головний науковий співробітник, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: kurgak\_luki@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2309-0128

**Карбівська У.М.**, доктор сільськогосподарських наук, ДВНЗ Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», e-mail: yljakarbivska@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0540-8887

**Kurhak V.H.**, doctor of agricultural sciences Sciences, Professor, Chief Researcher, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: kurgak\_luki@ukr.net, ORCID : 0000-0003-2309-0128

**Karbivska U.M.**, Doctor of Agriculture Sciences, State University «Vasyl Stefanyk Precarpathian National University», e-mail: yljakarbivska@ukr.net, ORCID :0000-0002-0540-8887

Надійшла 24.02.2023

## РЕГУЛЮВАННЯ РОДЮЧОСТІ СІРОГО ЛІСОВОГО ҐРУНТУ В ТРИВАЛОМУ СТАЦІОНАРНОМУ ДОСЛІДІ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА ВАПНУВАННЯ

М.А. Ткаченко, І.М. Кондратюк, С.О. Кудря, В.М. Замлинська

ННЦ «ІЗ НААН» (сmt Чабани, Україна)

**Мета.** Дослідити вплив застосування періодичного вапнування, його дії та післядії за різних систем удобрення та насичення сільськогосподарськими культурами у 7-пільній сівозміні на стан потенційної й ефективної родючості сірого лісового ґрунту. **Методи.** Польовий експеримент, лабораторні, аналітичні, математико-статистичні, розрахунково-порівняльні. **Результати.** Представлено наукове обґрунтування агротехнологічних заходів щодо відтворення і регулювання родючості сірого лісового ґрунту за ведення довготривалого (30 років) землеробства. Висвітлено види і форми прояву, фактори відтворення і регулювання потенційної та підвищення ефективної родючості. Проведено аналіз щодо зміни фізико-хімічних й агрохімічних властивостей під впливом періодичного вапнування і застосування різних систем удобрення за завершеними чотирма ротаціями 7-пільної сівозміни. За I та II ротацій розраховано баланс кальцію та магнію у ґрунті за різного органо-мінерального удобрення на фоні застосування вапнякового та доломітового борошна. За I, II, III та IV ротації висвітлено динаміку вмісту гумусу, визначено оптимальні параметри його запасів та способи досягнення на стабільно високому рівні за різного мінерального удобрення при застосуванні у I і II ротаціях 10 т/га гною, а у III та IV ротаціях за нестачі гною використання сидерації (до 5 т/га) та побічної продукції (до 5 т/га) культур 7-пільної сівозміни на фоні повторного вапнування. На основі тридцятирічних досліджень розглянуті основні ключові питання щодо проведення періодичної хімічної меліорації у поєднанні з органічним та мінеральним удобренням і доведено ефективність її дії та післядії, а також обґрунтовано ефективність застосування полуторної дози меліоранта за довготривалого інтенсивного мінерального навантаження в агроценозах. **Висновки.** Наведено продуктивність агроценозів за завершеними чотирма ротаціями 7-пільної сівозміни на сірому лісовому ґрунті. Обґрунтовано комплекс агротехнологічних заходів спрямованих для запобігання прояву деградаційних процесів в орних сірих лісових ґрунтах та повноцінного відтворення елементів їх родючості в агроценозах за різних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

**Ключові слова:** баланс кальцію і магнію, вміст гумусу, кислотність, органічне та мінеральне удобрення, побічна продукція, сидерація, хімічні меліоранти.

**Вступ.** Кислі ґрунти займають близько 30% суші світу та 40–50% загальної площі орних ґрунтів. В Україні у складі орних земель кислі ґрунти займають понад 10 млн га, або 26,3%, особливо багато кислих ґрунтів у зонах Полісся і Лісостепу. Загалом, в останні роки процеси підкислення ґрунтового покриву спостерігаються у 15 областях і проявляються навіть в агроландшафтах Степу [9; 11–16]. Інтенсивність збільшення площ кислих ґрунтів коливається від 1% до 15%.

Нині в умовах спаду виробництва меліорантів, збільшення затрат на їх використання, особливо

на логістику, необхідно ширше застосовувати місцеві поклади карбонатів, запаси яких є у чотирнадцяти областях, а їх обсяги становлять понад 1 млрд т. Майже у всіх регіонах розповсюдження кислих ґрунтів є такі родовища, причому часто вони знаходяться на поверхні ґрунту і їх можна добувати відкритим способом.

У зоні Лісостепу України значні площі займають сірі лісові ґрунти, що характеризуються низькою природною родючістю, підвищеною кислотністю і періодичним перезволоженням. Питання відтворення

і регулювання родючості орних кислих ґрунтів – це актуальна проблема сучасних систем землеробства, що пов'язана з нехтуванням проведення обов'язкового вапнування, застосуванням мізерних доз органічного удобрення, зміною структури посівних площ, скороченням набору культур у сівозмінах. Це все негативно впливає на потенційну родючість, тим самим посилюючи процеси мінералізації гумусу, що призводить на значних площах орних земель до неможливості зберегти урівноважений баланс гумусу, а за таких умов урожайність сільськогосподарських культур формується за рахунок раніше досягнутого рівня родючості ґрунту.

Інтенсивне ведення землеробства на сірих лісових ґрунтах без періодичного застосування хімічної меліорації та збалансованого органо-мінерального удобрення прискорює деградацію ґрунту, при цьому баланс гумусу, кальцію, магнію стає від'ємним, суттєво підвищується кислотність, погіршується поживний режим ґрунту. Ці деградаційні зміни посилюють у ґрунті процеси опідзолення, вилуговування, кислотного гідролізу глинистих мінералів, що негативно впливають на перебіг біологічних процесів, вивітрювання глинистих мінералів, ступінь насичення основами та зміну структури обмінних катіонів у ГВК. Тому вкрай необхідно за інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур у сівозміні підтримувати оптимальні показники родючості сірих лісових ґрунтів за фізико-хімічними й агрохімічними властивостями.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Кислі ґрунти Лісостепу представлені переважно ясно-сірими, сірими лісовими та темно-сірими опідзоленими ґрунтами (загальна їх площа під сільськогосподарськими угіддями 3,84 млн га), рівень кислотності яких знаходиться в інтервалі  $\text{pH}_{\text{сол}}$  4,5–5,6 ( $\text{H}^+$  2,0–4,0 м-екв/100 г ґрунту). Порівняно легкий гранулометричний склад їх та значна кількість опадів призводять до вимивання розчинних сполук, тому ці ґрунти відрізняються низьким умістом гумусу, рухомих поживних речовин, солей кальцію і магнію [4; 5; 7].

Застосування мінеральних добрив різко підвищує врожайність сільськогосподарських культур, проте зростає рухомість елементів живлення, обмінних форм кальцію та магнію у ґрунті. Це пов'язано насамперед з обмінними фізико-хімічними реакціями добрив із твердою фазою ґрунту, в результаті чого до ґрунтового розчину в значній кількості надходять аніони сильних кислот, ґрунт підкислюється і тим

самим підвищується рухомість поживних речовин та інших простих солей, відбувається винесення їх низхідними токами води в нижні шари ґрунтового профілю. Крім того, збільшується продуктивний винос елементів живлення, особливо кальцію підвищеними врожайми сільськогосподарських культур [1–3].

На Поліссі та на більшій частині території Лісостепу відновлення оптимального рівня кислотності у провапнованих ґрунтах з часом пов'язане як із виносом обмінних основ кальцію врожайми сільськогосподарських культур (150–180 кг/га щороку), так із підкисленням ґрунтів атмосферними опадами й особливо фізіологічно кислими азотними добривами (витрачається від 0,4 до 3,0 ц  $\text{CaCO}_3$  на 1 ц добрив). Підкислююча дія азотних добрив проявляється не лише в негативному впливі на  $\text{pH}_{\text{сол}}$  та інші показники кислотності, але й у посиленні процесу вилуговування обмінних основ кальцію з ґрунту [3; 9].

Наразі встановлено, що найбільше кальцію втрачається ґрунтами внаслідок вимивання, яке залежить від багатьох факторів: кількості опадів, гранулометричного складу ґрунту, доз мінеральних добрив, кислотності, наявної кількості кальцію, а також від набору культур у сівозміні [4; 6; 14]. Так, у західних районах України сірі лісові ґрунти, залежно від системи удобрення культур і доз внесення вапна, щороку втрачали від 230 до 570 кг/га карбонату кальцію [12; 9]. Від 400 до 600 кг/га  $\text{CaCO}_3$  втрачалось з орних ґрунтів північної частини території країни [9]. У наведених прикладах мова йде лише про орний шар ґрунту та втрати за рахунок вилуговування опадами.

Втрати кальцію приводять до його дефіциту, підкислення орного шару ґрунту, руйнування його вбирного комплексу, зумовлюють недобір урожаїв, особливо на ґрунтах легкого гранулометричного складу. На ці негативні явища у свій час вказував К. К. Гедройц, обґрунтовуючи роль вапнування: «на вапнування не можна дивитися лише як на захід підвищення родючості ґрунтів; значення його далеко ширше, вуглекислий кальцій, внесений у ґрунт у достатній кількості (у будь-якому випадку в кількості, більшій, ніж це потрібно для створення оптимальних умов формування урожайності), оберігає ґрунт (в умовах достатньо зволоженого клімату) від неминучого руйнування, а саме його найбільш цінної частини – вбирного комплексу» [4; 9]. Головна роль внесеного в кислий ґрунт кальцію полягає у нейтралізації надмірної кислотності, що сприяє поліпшенню його

фізичних, фізико-хімічних, агрохімічних і біологічних властивостей.

Дослідниками виявлено пряму залежність між кількістю внесених мінеральних добрив і втратами кальцію ґрунтами. Під їх дією збільшується розчинність сполук кальцію в ґрунтах, тому зростають його втрати за рахунок інфільтрації. Однак міграція кальцію має й зворотний характер. Певна його кількість повинна повертатися висхідними токами води у той шар ґрунту, з якого він вимивається [4; 7; 12; 15].

Необхідність повторного вапнування ґрунтів, як правило, визначається експериментальним шляхом на основі балансових розрахунків. Розрахункам балансу кальцію у ґрунті приділяється значно менше уваги, ніж розрахункам балансу елементів живлення. Зумовлено це тим, що вміст кальцію значно більший, ніж азоту, фосфору та калію. У всіх ґрунтах, за винятком піщаних, сполук цього лужноземельного металу достатньо для живлення рослин.

Баланс кальцію визначається як різниця між статтями надходження та витрат його під культурою, в окремому полі, сівозміні, землекористуванні господарства тощо, за певний проміжок часу. Крім того, при його визначенні враховується ступінь поглинання кальцію ГВК у зв'язку з нейтралізацією кислотності ґрунту і витратами на нейтралізацію кислотності фізіологічно кислих мінеральних добрив.

Нині недостатньо систематизованих наукових обґрунтувань щодо оптимізації мінерального навантаження за інтенсивного ведення землеробства на кислих сірих лісових ґрунтах, проведення періодичного вапнування, тривалості його дії та післядії. Тому нові підходи щодо удосконалення агротехнології з оптимізації мінерального, органічного удобрення за періодичного вапнування є актуальними, мають практичну цінність при розроблянні дієвих заходів щодо відтворення потенційної та підвищення ефективної їх родючості.

**Мета досліджень** – дослідити вплив застосування періодичного вапнування, його дії та післядії за різних систем удобрення та насичення сільськогосподарськими культурами у 7-пільній сівозміні на стан потенційної й ефективної родючості сірого лісового ґрунту.

**Матеріали та методи досліджень** – польовий експеримент, лабораторні, аналітичні, математико-статистичні, розрахунково-порівняльні.

Дослідження з питань відтворення і регулювання родючості сірого лісового ґрунту, оптимізації його властивостей та підвищення продуктивності

культур 7-пільної сівозміни за рахунок застосування періодичної хімічної меліорації за різного удобрення проводили у багаторічному польовому стаціонарному досліді відділу агроґрунтознавства і ґрунтової мікробіології ННЦ «ІЗ НААН» «Вивчення технологічних прийомів відтворення і регулювання родючості сірого лісового ґрунту», закладеному академіком Г.А. Мазуром у 1992 році на 3-х полях 7-пільної сівозміни, що внесений до реєстру стаціонарних польових дослідів НААН (Атестат № 01), який розміщений на висоті 120 м над рівнем моря 50°26'13" північної широти, 30°30'20" східної довготи.

У період 1992–2002 рр. відповідальним виконавцем за проведення та обґрунтування наукових досліджень був В. М Сімачинський, із 2002 р. по 2015 р. – М.А. Ткаченко, з 2015 р. і донині – І. М. Кондратюк.

У 2006 р. проведено реконструкцію дослідів в частині введення нових культур у 7-пільну сівозміну. Повторне вапнування було проведено в кінці II ротації сівозміни (2005–2007 рр.) та в кінці IV ротації (2019–2021 рр.). За період чотирьох ротацій сівозміни меліоранти внесені у вигляді вапнякового, доломітового борошна, дефекату, сапоніту, гранульованого CaCO<sub>3</sub> Омуа Calciprill за величиною гідролітичної кислотності повною дозою 1,0 Нг – 4,5–6,0 т/га CaCO<sub>3</sub>, досліджуються також варіанти меліорантів із розрахунку 0,5 Нг та 1,5 Нг їх дози.

Ґрунт дослідної ділянки характеризується такими вихідними показниками: рН<sub>сол.</sub> – 4,6; гідролітична кислотність – 3,6 м-екв/100 г ґрунту; обмінні основи: кальцій – 3,9; магній – 0,58 м-екв/100 г ґрунту; ступінь насичення основами – 56 %, низьким умістом гумусу – 1,44 %, дуже низьким умістом гідролізованих сполук азоту – 70–90 мг. Згідно з класифікацією ґрунтів за гранулометричним складом ґрунт відноситься до крупнопилувато-легкосуглинкової відміни: в орному шарі переважає фракція крупного пилу – 52,4 %, вміст фізичної глини становить 20,51 %, мулу – 12,85 %. Високий вміст фракції пилу та невисокий – фракції мулу, зумовлює цілий ряд несприятливих фізико-хімічних і агрохімічних властивостей досліджуваного ґрунту, серед яких найбільш важливими є низька вбирна здатність, низький уміст гумусу, що свідчить про невисоку його природну родючість.

В орному шарі ґрунту дослідної ділянки серед факторів досліджено застосування періодичного вапнування, його дія та післядія за різного удобрення, насичення сільськогосподарськими культурами

у 7-пільній сівозміні на стан потенційної й ефективної родючості ґрунту.

**Результати та їх обговорення.** У нашому випадку стаціонарному досліді 30 років і показовим для оцінки ефективності відтворення і регулювання потенційної родючості сірого лісового ґрунту є результати досліджень щодо застосування періодичного вапнування за чотирма завершеними ротаціями 7-пільної сівозміни. Відмічено, що ефективність дії та післядії застосування періодичної хімічної меліорації (1 раз на 14 років) на зміну показників родючості ґрунту залежить від форм і доз внесених меліорантів, а також від системи удобрення сільськогосподарських культур у сівозміні.

Розрахунок балансу кальцію наводимо згідно з даними стаціонарного досліді за I та II ротації зерно-просапної 7-пільної сівозміни. У досліді перше вапнування проводили навесні в 1992 р., меліоранти вносили у формі вапнякового і доломітового борошна з розрахунку 1,0 Нг – 5,0 т/га та 1,5 за Нг – 7,5 т/га.

Збагачення кислих ґрунтів на кальцій можливе різними шляхами. Однак, пріоритетним шляхом поповнення ґрунту кальцієм є вапнування. При визначенні складових надходження кальцію у ґрунт, першочергово враховують його кількість, внесену з меліорантами, органічними і мінеральними добривами (табл. 1).

У подальшому визначали статті витрат кальцію з ґрунту. По-перше, розраховували винесення  $\text{CaCO}_3$  урожаєм (кількість кальцію, яка виноситься із ґрунту з урожаєм сільськогосподарських культур, дуже змінюється, вона відносно невелика за вирощування зернових колосових та висока в агроценозах бобових і коренеплодів. Розрахунки проводили шляхом визначення вмісту  $\text{CaO}$  в урожаї відповідної культури

та збільшенням отриманих результатів на 20% (вапнований ґрунт), у разі проведення вапнування. Наприклад, для пшениці озимої вміст  $\text{CaO}$  сягає 0,35 кг, збільшивши на 20%, отримаємо винос  $0,35 \text{ кг} \times 20 : 100 + 0,35 = 0,42 \text{ кг}$ .

Вимивання кальцію з ґрунту за межі кореневмісного шару встановлювали залежно від гранулометричного складу ґрунту за узагальненими даними. У нашому випадку втрати  $\text{CaCO}_3 - 110 \text{ кг/га} \times 0,56 = 61,6 \times 14 \text{ років} = 862 \text{ кг CaO}$ . Але слід враховувати і висхідну міграцію карбонатів, що становить за розрахунками 280 кг/га  $\text{CaO}$ . Внесення азотних добрив викликає додаткове вилуговування кальцію. На суглинкових ґрунтах втрати становили 0,5 кг  $\text{CaO}$  на 1 кг поживних речовин, внесених із мінеральними добривами. При внесенні мінеральних добрив на фоні вапнування за інших однакових умов втрати карбонатів зростають у 1,5–2,1 раза [9].

Далі розраховували наступну статтю витрат кальцію, що йде на нейтралізацію фізіологічно кислих мінеральних добрив, насамперед азотних, які характеризуються підкислювальною дією. Теоретично для цього необхідна така кількість карбонату кальцію (ц/1 ц): аміачної селітри – 0,75; хлористого амонію – 1,40; сульфат амонію – 1,20; сечовини – 0,80; аміачної води – 0,40; амофос – 0,65 [4; 9]. Ці дані загальноприйняті й використовуються у розрахунках балансу в інших країнах.

У балансі кальцію дуже важливим є також урахування витрат його на нейтралізацію ґрунтової кислотності. Слід мати на увазі, що це не є прямими витратами кальцію з ґрунту, оскільки він після процесу нейтралізації кислотності залишається у ґрунті – водорозчинний, або обмінній формі у складі ГВК. Враховуючи, що на нейтралізацію кислотності витрачається еквівалентна кількість карбонату кальцію, вапно що прореагувало, надалі не зможе позитивно впливати на підвищення реакції ґрунтового розчину. У кінці розрахунків знаходимо сумуємо всі статті витрат кальцію та його надходження і зіставляємо між собою (табл. 2).

Баланс кальцію визначається за різницею між сумарними значеннями його надходження і витрат з ґрунту за певний проміжок часу. Наведені розрахунки показують, що при внесенні вапна у повній дозі за гідролітичною кислотністю та застосуванні підвищених доз NPK, баланс кальцію є дефіцитним (–503 кг/га). Це вказує на прогресуючий розвиток процесу декальцинації ґрунту, та зниження рівня їх родючості, що й так характеризуються не високим природним потенціалом.

**Таблиця 1. Варіанти розрахунку балансу кальцію**

Удобрення	Нг, м-екв/ 100 г ґрунту 1992 р. (вихідні)
Без добрив (контроль)	3,6
Гній (10 т/га) + $\text{N}_{54}\text{P}_{54}\text{K}_{56}$ – фон	3,8
Фон + $\text{CaCO}_3$ (1,0 Нг)	4,1
Фон + $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,0 Нг)	4,1
Гній (10 т/га) + $\text{N}_{80}\text{P}_{80}\text{K}_{85}$ + $\text{CaCO}_3$ (1,0 Нг)	4,2
Гній (10 т/га) + $\text{N}_{80}\text{P}_{80}\text{K}_{85}$ + $\text{CaCO}_3$ (1,5 Нг)	4,1

Таблиця 2. Баланс кальцію (СаО) у ґрунті, кг/га за I та II ротатії сівоозміни

Статті балансу	Без добрив (контроль)	Гній 10 т/га + NPK 22,4 ц/га – фон	Фон + СаСО <sub>3</sub> (1,0 Нг)	Фон + СаMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (1,0 Нг)	Гній 10 т/га + NPK 33,6 ц/га + СаСО <sub>3</sub> (1,0 Нг)	Гній 10 т/га + NPK 33,6 ц/га + СаСО <sub>3</sub> (1,5 Нг)
З органічними добривами (гній)	–	700	700	700	700	700
З мінеральними добривами (суперфосфат)	–	1058	1058	1058	1568	1568
З вапном	–	–	3444	3657	3528	5166
З опадами	140	140	140	140	140	140
Капілярне підняття	280	280	280	280	280	280
З насінням культур	16	16	16	16	16	16
<b>Усього</b>	<b>436</b>	<b>2194</b>	<b>5638</b>	<b>5851</b>	<b>6232</b>	<b>7870</b>
Винос урожаєм культур	508	702	729	767	755	730
Нейтралізація ґрунтової кислотності	–	–	840	924	756	1092
Нейтралізація мінеральних добрив	–	941	941	941	1411	1411
Вимивання за межі кореневої частини шару	862	1982	2973	2973	3813	3813
<b>Усього</b>	<b>1370</b>	<b>3625</b>	<b>5483</b>	<b>5605</b>	<b>6735</b>	<b>7046</b>
<b>Баланс за 14 років</b>	<b>–934</b>	<b>–1431</b>	<b>+155</b>	<b>+246</b>	<b>–503</b>	<b>+824</b>
<b>У середньому за рік на 1 га ріллі</b>	<b>–67</b>	<b>–102</b>	<b>+11</b>	<b>+18</b>	<b>–36</b>	<b>+59</b>

Тому, підвищена доза хімічних меліорантів може бути рекомендована до застосування на кислих ґрунтах Лі-состепу за умов вирощування сільськогосподарських культур, що потребують високих доз NPK.

Важливим чинником підвищення родючості сірих лісових ґрунтів та покращення їх гумусного стану є хімічна меліорація. Її слід поєднувати з системою удобрення сільськогосподарських культур. Проведення вапнування сприяє покращанню фізичних і фізико-хімічних властивостей ґрунтів, забезпеченню рослин кальцієм і магнієм, активізації мікробіологічних процесів, підвищенню ефективності дії мінеральних добрив [5; 8].

Рівень забезпечення оптимальних умов росту і розвитку рослин безпосередньо або опосередковано залежить від хімічного, мінералогічного та гранулометричного складів ґрунту, особливо від співвідношення вмісту фізичного піску і вмісту фізичної глини, від чого, своєю чергою, залежать водно-фізичні, фізико-хімічні й агрохімічні його властивості.

У дослідженнях Харківського національного аграрного університету [10] за внесення 6,0 т/га гною у поєднанні з середніми дозами мінеральних добрив у сірих лісових ґрунтах, баланс гумусу був бездефіцитним, у чорноземах – із невеликим дефіцитом – у середньому 0,15–0,30 т/га у рік. При збільшенні кількості гною до 10–12 т/га на фоні мінеральних добрив, запаси гумусу в орному шарі як сірого лісового ґрунту, так і в чорноземах зростали у середньому на 0,6 т/га. За такої системи удобрення істотно поліпшується

якісний склад гумусу за рахунок зростання групи вмісту гумінових кислот [10].

Головним джерелом поповнення гумусу в ґрунтах, що знаходять в обробітку є внесення органічних добрив, тому використання побічної продукції, сидерації безперечно є важливим резервом для вирішення цієї проблеми, що позитивно позначається на затратній частині технології вирощування культур, у той самий час сприяє отриманню істотного приросту врожаю сільськогосподарських культур, та покращенню показників ґрунтової родючості [5; 7].

Відомо, що рівень втрат гумусу при розорюванні земель та рівень самостабілізації його запасів залежать від генетичних характеристик ґрунту, а також від особливостей системи землеробства. Експериментальні дані щодо динаміки вмісту гумусу отримані протягом чотирьох ротацій 7-пільної сівозміни, де досліджувалися різні комбінації поєднання доз вапнування й удобрення наводяться у табл. 3.

Аналіз отриманих результатів показав, що за 30 років досліджень в орному шарі сірого лісового ґрунту на фоні без удобрення втрачено майже 12,3 т/га гумусу, тоді як систематичне внесення 164 кг/га NPK сприяло збільшенню його запасів на 4,5 т/га, а за поєднання з органічним удобренням його запаси зросли на 8,7–10,8 т/га порівняно до вихідного стану. Внесення помірної дози мінерального ( $N_{54}P_{54}K_{56}$ ) та застосування органо-мінерального удобрення на фоні вапнування вже у I ротації дало змогу підвищити вихідний уміст гумусу.

**Таблиця 3.** Динаміка вмісту загального гумусу в сірому лісовому ґрунті за чотирма ротаціями 7-пільної сівозміни (шар ґрунту 0–20 см)

Удобреньня	Ротації сівозміни				± запаси до вихідного значення, т/га
	I	II	III	IV	
Без добрив (контроль)	1,30	1,28	1,24	1,29	–12,3
$N_{54}P_{54}K_{56}$	1,62	1,56	1,60	1,58	+4,5
$N_{54}P_{54}K_{56} + CaCO_3$ , (1,0 Нг)	1,74	1,72	1,76	1,68	+8,7
$N_{80}P_{80}K_{85} + CaCO_3$ , (1,0 Нг)	1,76	1,70	1,76	1,74	+9,3
Сидерат + $N_{54}P_{54}K_{56} + CaCO_3$ , (1,0 Нг) + побічна продукція	1,76	1,68	1,76	1,72	+8,7
Сидерат + $N_{54}P_{54}K_{56} + CaMg(CO_3)_2$ , (1,0 Нг) + побічна продукція	1,86	1,74	1,82	1,76	+10,8
Сидерат + $N_{80}P_{80}K_{85} + CaCO_3$ , (1,5 Нг) + побічна продукція	1,82	1,76	1,86	1,84	+10,8
НІР <sub>005</sub>	0,06	0,02	0,04	0,03	

Примітка. Вихідний вміст гумусу 1,44%.

Дослідження динаміки вмісту гумусу сірого лісового ґрунту показали, що без достатнього рівня удобрення та меліорації послаблюється дерновий процес та формуються невисокі запаси гумусу, які зосереджені у кореневмісному шарі ґрунту і мають легкорухомий характер. Зміни вмісту гумусу у всіх варіантах із застосуванням різних комбінацій удобрення на фоні вапнування відбулися у бік його збільшення, що чітко спостерігається на кінець I та III ротації сівозміни – це пояснюється меліоративною ефективністю проведеного вапнування. Відмічено, що на кінець I ротації сівозміни при застосуванні в якості органічного удобрення гною 10 т/га, підвищення вмісту та запасів гумусу було стабільнішим у порівнянні з показниками на кінець III ротації, де в якості органічного удобрення використовували сидерат (2 укіс конюшини) і побічну продукцію сільськогосподарських культур.

Результати наших досліджень свідчать, що застосування меліорантів по фоні удобрення протягом чотирьох ротацій 7-пільної сівозміни не лише створює оптимальні умови перебігу процесів гумусоутворення в орному шарі ґрунту, а й сприяє зростанню продуктивності культур сівозміни, що є інтегральним показником ефективності родючості ґрунту, тому що її рівень визначається станом ґрунту та складним поєднанням цілого комплексу абіотичних і біотичних факторів.

Отримані результати досліджень свідчать про те, що рівень продуктивності культур сівозміни на сірому лісовому ґрунті на 40–60% залежав від системи удобрення та вапнування (табл. 4). Урожайність культур формувалась по-різному в різні роки дії вапна, але отримавши

від нього природи урожайності на кінець ротацій сівозміни, особливо за внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{80}P_{80}K_{85}$  та 7,5 т/га (1,5 Нг) вапнякового борошна, що свідчить про необхідність проведення повторного вапнування ґрунту, для підвищення ефективності використання органічних і мінеральних добрив.

Загалом, застосування цих технологій вапнування забезпечує істотний приріст продуктивності гектара сівозмінної площі на рівні 0,43–2,15 т зернових одиниць. При застосуванні вапна та одинарної дози мінеральних добрив ( $N_{54}P_{54}K_{56} + CaCO_3$  5,0 т/га) ефективність останніх зростає на 10% порівняно з внесенням лише мінеральних добрив ( $N_{54}P_{54}K_{56}$ ). Застосування полуторної дози мінеральних добрив ( $N_{80}P_{80}K_{85}$ ) підвищило врожайність ще на 30% і приріст становив щодо неудобреного контролю 67%.

Аналізуючи показники продуктивності культур, відмічаємо, що застосування добрив у поєднанні з вапнуванням значно підвищує його ефективність не тільки в перші роки проведення, але й у післядії меліорантів, особливо це виразно видно за вирощування культур на варіантах із підвищеними дозами мінеральних добрив. Найкращими варіантами для вирощування культур виявилися: внесення доломітового борошна 5,0 т/га за гідролітичною кислотністю (1,0 Нг), а також застосування 7,5 т/га вапнякового борошна (1,5 Нг). Приріст урожаю культур був відмічений на цих варіантах у всіх ротаціях сівозміни.

Отже, відтворення і регулювання потенційної родючості сірого лісового ґрунту в умовах Правобережного Лісостепу можливе при застосуванні

**Таблиця 4. Продуктивність сільськогосподарських культур за чотирма завершеними ротаціями 7-пільної сівозміни, т/га з. од.**

Удобрення	I ротація 1992–1998 рр.	II ротація 1999–2005 рр.	III ротація 2006–2012 рр.	IV ротація 2013–2019 рр.
Без добрив (контроль)	3,2	2,2	2,3	2,4
$N_{54}P_{54}K_{56}$	4,1	3,2	3,2	3,4
$N_{54}P_{54}K_{56} + CaCO_3$ (1,0 Нг)	4,6	3,8	4,4	4,2
$N_{80}P_{80}K_{85} + CaCO_3$ (1,0 Нг)	4,3	3,5	3,6	4,4
Сидерат + $N_{54}P_{54}K_{56} + CaCO_3$ , (1,0 Нг) + поб.прод.	4,7	4,1	3,8	4,2
Сидерат + $N_{54}P_{54}K_{56} + CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Нг) + поб.прод.	4,9	4,4	4,2	4,6
Сидерат + $N_{80}P_{80}K_{85} + CaCO_3$ , (1,5 Нг) + поб.прод.	4,7	4,3	4,6	4,8
НІР <sub>005</sub>	0,08	0,09	0,07	0,09

періодичного вапнування за збалансованого органічно-мінерального удобрення, що забезпечить не лише підвищення продуктивності культур, але і якість отриманої рослинницької продукції.

### Висновки

1. За тридцятирічними дослідженнями відділу агрогрунтознавства і ґрунтової мікробіології ННЦ «ІЗ НААН» визначено, що для ґрунтозахисних систем землеробства, застосування вапнякових меліорантів повною дозою за гідролітичною кислотністю (4,5–5,5 т/га) на сьогодні є найкращим з точки зору тривалості ефективної дії та післядії як на відтворення і регулювання потенційної родючості, так і на продуктивність агроценозів й окупність цього агрозаходу.
2. Визначено, що тривале використання сірого лісового ґрунту без удобрення призводить до значного зниження його потенційної та ефективної родючості. Втрати гумусу в орному шарі ґрунту за 30 років інтенсивного його використання на фоні без удобрення досягли 12,3 т/га. Це вказує на прогресуючий розвиток декальцинації ґрунтів, яка призводить до зниження рівня їх родючості, що й так характеризуються не високим природним потенціалом.
3. Встановлено, що ефективною умовою для збереження та поступового накопичення гумусу в сірому лісовому ґрунті є внесення мінеральних добрив (164 кг/га NPK) у комплексі з органічними на фоні вапнування 5,0 т/га (1,0 Нр). Застосування підвищених доз мінеральних добрив (245 кг/га NPK) на фоні вапнування 5,0 т/га  $\text{CaCO}_3$  (1,0 Нр) та 7,5 т/га  $\text{CaCO}_3$  (1,5 Нр), завдяки додатковому надходженню кореневої маси та покращанню умов її трансформації, забезпечує зростання вмісту гумусу на 36 % і 42 % відповідно порівняно з контролем.
4. Доведено, що внесення під зяблеву оранку повної дози меліорантів за гідролітичною кислотністю (від 4,5 до 5,5 т/га  $\text{CaCO}_3$ ) на сірому лісовому ґрунті забезпечує необхідну нейтралізацію ґрунтової кислотності та забезпечує на 14-й рік післядії позитивний баланс кальцію на рівні + 155 кг/га та + 246 кг/га.
5. Наведені розрахунки балансу кальцію свідчать, що за внесення вапна у повній дозі за гідролітичною кислотністю (5,0 т/га) при застосуванні підвищених доз мінеральних добрив (245 кг/га NPK) створюються умови дефіцитного балансу кальцію (–503 кг/га), погіршуються фізико-хімічні властивості та істотно знижується ефективність на 16–23 % застосування добрив. Однак, при застосуванні полуторної дози меліоранта (7,5 т/га) за аналогічної системи удобрення баланс кальцію на 14 рік є позитивним – +824 кг/га.
6. За завершеними чотирма ротаціями 7-пільної сівозміни доведено, що оптимальні показники родючості сірого лісового ґрунту з чітко вираженим дефіцитом магнію швидше досягаються при застосуванні 5,0 т/га  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (1,0 Нр), а попередження прояву деградаційних процесів за довготривалого інтенсивного мінерального навантаження (245 кг/га NPK) досягається при застосуванні 7,5 т/га  $\text{CaCO}_3$  (1,5 Нр). Дія агротехнологій триваліша (до 12–14 років), упродовж усього періоду показники родючості ґрунту забезпечують підвищення продуктивності сівозміни на 12–25 ц/га зернових одиниць щороку.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Мазур Г.А., Сімачинський В.М. Стан і перспективи підвищення ефективності вапнування кислих ґрунтів України. *Вісник аграрної науки*. 1996. № 3. С. 30–43.
2. Мазур Г.А., Сімачинський В.М., Ткаченко М.А. та ін. Вапнування кислих ґрунтів, як основа підвищення ефективності дії добрив. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 1998. Вип. 1. С. 3–9.
3. Мазур Г.А., Сімачинський В.М., Медвідь Ю.Г. та ін. Зниження продуктивності сільськогосподарських культур від повторного підкислення ґрунтів. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 200. Вип. 1–2. С. 3–8.
4. Мазур Г.А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів: монографія. Київ. 2008. 308 с.
5. Мазур Г.А., Ткаченко М.А., Шкляр В.М. Вплив вапнування за різних систем удобрення в сівозміні на баланс гумусу в сірому лісовому ґрунті. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 10. С. 5–11.
6. Мазур Г.А., Ткаченко М.А., Кондратюк І.М. Зміна потенційної родючості сірого лісового ґрунту за різного використання. *Землеробство*. 2020. Вип. 1 (98). С. 22–32.
7. Мазур Г.А., Ткаченко М.А., Ясне Л.В., Кондратюк І.М. Проведення хімічної меліорації на сірих лісових ґрунтах: науково-методичні рекомендації. Вінниця. 2020. 51 с.

8. Ткаченко М.А. Залежність стабілізації запасів гумусу сірого лісового ґрунту від вмісту обмінного кальцію. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2014. № 47.
9. Ткаченко М.А., Кондратюк І.М., Борис Н.Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів: монографія. Вінниця. 2019. 318 с.
10. Філон В.І. Вплив локального внесення азотних добрив на рухомість органічної речовини чорнозему типового. *Вісник ХНАУ*. 2009. № 3. С 47–50.
11. F. Adams, R. Pearson. Crop responses to lime in the Southern United States. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy. 1984. P. 212–265.
12. D.C. Edmeades, A.M. Ridley. Using lime to ameliorate topsoil and subsoil acidity. *Handbook of soil acidity*. New York, Marcel Dekker. 2003. P. 297–336.
13. M.A. Arshad, Y.K. Soon, R.H. Azooz, N.Z. Lupwayi, S.X. Chang. Soil and crop response to wood ash and lime application in acidic soils *Agron. J.* 104. 2012. P. 715–721.
14. R.J. Haynes, R. Naidu. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51. 1998. P. 123–137.
15. R. Paradeloa, I. Virtob, C. Chenua. Net effect of liming on soil organic carbon stocks: *Environ.* 2015. 202. P. 98–107.
16. Kevin Morgan, Jonathan Murdoch. Organic vs. conventional agriculture: knowledge, power and innovation in the food chain. In *Geoforum* 31. 2000. P. 159–173.

## REFERENCES

1. Mazur Gh.A., Simachynskyi V.M. (1996). Stan i perspektyvy pidvyshchennia efektyvnosti vapnuvannia kyslykh gruntiv Ukrainy. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 3, 30–43 [in Ukrainian].
2. Mazur Gh.A., Simachynskyi V.M., Tkachenko M.A. ta in. (1998). Vapnuvannia kyslykh gruntiv, yak osnova pidvyshchennia efektyvnosti dii dobryv. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva UAAN*, 1, 3–9 [in Ukrainian].
3. Mazur Gh.A., Simachynskyi V.M., Medvid Yu.H. ta in. (2001). Znyzhennia produktyvnosti silskohospodarskykh kultur vid povtornoho pidkyslennia gruntiv. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva UAAN*, 1–2, 3–8 [in Ukrainian].
4. Mazur Gh.A. (2008). Vidtvorennia i rehuliuвання rodiuchosti lehkykh gruntiv. *Monohrafiia*. Kyiv. 308 s. [in Ukrainian].
5. Mazur Gh.A., Tkachenko M.A., Shkljar V.M. (2016). Vplyv vapnuvannja za riznykh system udobrennja v sivozmini na balans ghumusu v siromu lisovomu ґруnti. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 10, 5–11 [in Ukrainian].
6. Mazur Gh.A., Tkachenko M.A., Kondratjuk I.M. (2020). Zmina potencijnoi rodjuchosti sirogho lisovogho ґруntu za riznogho vykorystannja. *Zemlerobstvo*, 1 (98), 22–32 [in Ukrainian].
7. Mazur Gh.A., Tkachenko M.A., Jasne L.V., Kondratjuk I.M. (2020). Provedennja khimichnoi melioraciji na sirykh lisovykh ґруntakh. *Naukovo-metodychni rekomendaciji*. Vinnycja. 51 s. [in Ukrainian].
8. Tkachenko M.A. ta in. (2014). Zalezhnist' stabilizatsiyi zapasiv humusu sirogho lisovogho ґруntu vid vmistu obminnoho kal'tsiyu. *Naukovi dopovidi Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannja Ukrainy*, 47 [in Ukrainian].
9. Tkachenko M.A., Kondratjuk I.M., Borys N.Є. (2019). Khimichna melioracija kyslykh gruntiv. *Monohrafiia*. Vinnycja. 318 s. [in Ukrainian].
10. Filon V.I. (2009). Vplyv lokal'noho vnesennja azotnykh dobryv na rukhomist' orhanichnoyi rehovyny chornozemu typovoho. *Visnyk KhNAU*, 3, 47–50 [in Ukrainian].
11. F. Adams, R. Pearson (1984). Crop responses to lime in the Southern United States. Soil acidity and liming. Madison. *American Society of Agronomy*. P. 212–265. [in English].
12. D.C. Edmeades, A.M. Ridley (2003). Using lime to ameliorate topsoil and subsoil acidity. *Handbook of soil acidity*. New York, Marcel Dekker. P. 297–336 [in English].
13. M.A. Arshad, Y.K. Soon, R.H. Azooz, N.Z. Lupwayi, S.X. Chang (2012). Soil and crop response to wood ash and lime application in acidic soils *Agron. J.*, 104, 715–721 [in English].
14. R.J. Haynes, R. Naidu (1998). Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51. P. 123–137 [in English].
15. R. Paradeloa, I. Virtob, C. Chenua (2015). Net effect of liming on soil organic carbon stocks: *Environ.* 202, 98–107 [in English].
16. Kevin Morgan, Jonathan Murdoch (2000). Organic vs. conventional agriculture: knowledge, power and innovation in the food chain. *Geoforum*, 31, 159–173 [in English].

**Tkachenko M.A., Kondratiuk I.M., Kudria S.O., Zamlynska V.M.**

**Regulation of the fertility of gray forest soil in a long-term stationary experiment under different fertilization and liming systems**

**Aim.** To study the influence of the application of periodic liming, its effect and aftereffect under different systems of fertilization and saturation with agricultural crops in a 7-field crop rotation on the state of potential and effective fertility of gray forest soil. **Methods.** Field experiment, laboratory, analytical, mathematical-statistical, calculation-comparative. **Results.** The scientific substantiation of agrotechnological measures for reproduction and regulation of the fertility of gray forest soil for long-term (30 years) agriculture is presented. The types and forms of manifestation, reproduction factors, potential regulation, and effective fertility were highlighted in the article. The analysis of changes in physicochemical and agrochemical properties under the influence of periodic liming and the use of various fertilizer systems for completed four rotations of a 7-field crop rotation was carried out. During rotations, I and II, the balance of calcium and magnesium in the soil were calculated for various organomineral fertilizers against the background of the use of limestone and dolomite flour. For rotations, I, II, III, and IV, the dynamics of humus content are reflected, and the optimal parameters of its reserves and ways to achieve a consistently high level with different mineral fertilizers are determined when using 10 t/ha of manure in rotations I and II, and in rotations III and IV for lack of dung from the use of green manure (up to 5 t/ha) and by-products (up to 5 t/ha) of crops of a 7-field crop rotation against the background of repeated liming. Based on thirty years of research, the main issues of conducting periodic chemical reclamation in combination with organic and mineral fertilizers are considered and the effectiveness of its action and aftereffect is proved, as well as the effectiveness of the use of a one-and-a-half dose of the ameliorant with prolonged intensive mineral load in agrocenoses is substantiated. The productivity of agrocenoses was given for the completed four rotations of a 7-field crop rotation on gray forest soil. A set of agrotechnological measures aimed at preventing the manifestation of degradation processes in arable gray forest soils and the full reproduction of their fertility elements in agrocenoses with various technologies for growing crops is substantiated.

**Key words:** balance of calcium and magnesium, humus content, acidity, organic and mineral fertilizer, by-products, green manure, chemical ameliorants.

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Ткаченко М.А.**, доктор с.-г. наук, професор, член-кореспондент НААН, ННЦ «ІЗ НААН», ORCID: 0000-0001-6128-4703, e-mail: i.z.naan.tkachenko@gmail.com

**Кондратюк І.М.**, кандидат с.-г. наук, завідувач відділу агрогрунтознавства і ґрунтової мікробіології, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: irina\_kondratjuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8953-8194

**Tkachenko M.A.**, doctor of agricultural sciences, Professor, Corresponding Member of NAAS, NSC «IA of NAAS», e-mail: i.z.naan.tkachenko@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6128-4703

**Kondratiuk I.M.**, Candidate of agricultural sciences, head of the department of agro-soil science and soil microbiology, NSC «IA of NAAS», e-mail: irina\_kondratjuk@ukr.net, ORCID : 0000-0002-8953-8194

**Кудря С.О.**, молодший науковий співробітник, відділ агрогрунтознавства і ґрунтової мікробіології, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: seriy09@meta.ua, ORCID: 0000-0001-6212-8905

**Замлинська В.М.**, провідний інженер-аналітик, відділ агрогрунтознавства і ґрунтової мікробіології, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: vitamz75@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2937-1898

**Kudria S.O.**, Junior Researcher, Department of Agrosoil Science and Soil Microbiology, NSC «IA of NAAS», e-mail: seriy09@meta.ua, ORCID: 0000-0001-6212-8905

**Zamlynska V.M.**, Lead Analyst Engineer, the Department of Agrosoil Science and Soil Microbiology, NSC «IA of NAAS», e-mail: vitamz75@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2937-1898

Надійшла 24.03.2023

УДК 551.58 (477.46)

doi: 10.54651/agri.2023.01.09

**ПРОДУКТИВНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА ЗМІН  
КЛІМАТУ У ЦЕНТРАЛЬНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ****О.В. Демиденко***Черкаська ДСГДС ННЦ «ІЗ НААН» (м. Черкаси, Україна)*

*Мета. Здійснення аналізу кліматичних параметрів, запасів вологи та динаміки продуктивності зернових культур (пшениці озимої та кукурудзи на зерно) залежно від системи адаптаційних заходів (удобрення, обробітку) за період 1913–2022 рр., визначення їх класифікаційних ознак відповідно до фрактальних властивостей, виявлення тенденцій щодо подальшого змін в агроценозах Центрального Лівобережного Лісостепу України. Методи. Для реалізації цілей і завдань використовувалися: аналіз науково-методичної літератури з теми дослідження, збір інформації, порівняння, узагальнення, систематизація, а також використання сучасних методів описової статистики. Результати. На території центральної частини Лісостепу (1913–2022 рр.) не фіксувалося періодів відхилення гідротермічних умов клімату у бік аридизації до того рівня, коли вони набували степового характеру. Нижня межа гідротермічних умов змінювалася навколо  $T=+15^{\circ}\text{C}$ , а верхня межа – навколо  $T=+30^{\circ}\text{C}$ . Між кількістю річних опадів нижньою та верхньою межею гідротермічних умов клімату виявлено пряму кореляцію ( $R=+0,81-0,85\pm 0,02$ ), а тренд зростання кількості річних опадів був більш стрімким порівняно з наростанням температурних показників. Оподи були компенсуючим чинником, що можна розцінювати як саморегуляцію стійкості лісостепової зони до остепеніння. У віковому циклі індекс гумідності клімату найвищих значень досягали в періоди 1981–1990 рр. та 1998–2004 рр., а у подальшому до 2020–2022 рр. індекс гумідності знижувався за спадним трендом до значень близьких до 100%. Гумідність клімату тепло-го періоду року та періоду активно її вегетації максимального значення набував в період з 1931 по 1950 рр., а з 1980 по 1990 рр. індекс гумідності стрімко знижувався, досягаючи в 2020–2022 рр. значень менших за 90%, що свідчить про погіршення умов вегетації сільськогосподарських культур до надмірно жорстких порівняно з попередніми періодами вікового циклу. Висновки. Зміни клімату, що вже відбулись і продовжують відбуватись в центральній частині Лісостепу впливають на урожайність зернових: підвищення зимових температур та зростання суми опадів, подовження безморозного періоду та підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  призводять до того, що площі угідь придатних до сільського господарства можуть зрости. З метою забезпечення сталого отримання зернових культур агровиробники в Лісостепу України повинні застосовувати сучасні, пристосовані до нових кліматичних умов сорти зернових культур та агроекологічні технології обробітку землі (неглибоке безпліщеве рихлення плоскорізами або плоскорізний обробіток, мульчування, використання органічної маси післяжнивних решток як добрива на полях тощо) та застосовувати лісомеліоративні заходи пом'якшення клімату.*

**Ключові слова:** температура повітря, опади, випаровуваність, тренд, продуктивність, урожайність, зернові культури.

**Вступ.** Глобальне потепління клімату викликає серйозне законне занепокоєння людства на планеті Земля. Про що було відмічено в Рамковій Конвенції ООН зі зміни клімату (1992 р.), і що стало першим правовим документом який відомий, як Кіотський протокол (1997 р.). Проблеми зміни клімату та реакція на це явище агро- і екосистем мають особливе

значення у зв'язку з посиленою напруженістю клімато-екологічних процесів у лісостеповій зоні України [1–5].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Зміна клімату – одна з найактуальніших глобальних проблем як у глобальному масштабі, так для України та лісостепової зони України [6; 7]. Якщо 2-3

десятиліття тому її обговорювали у наукових колах, то сьогодні вона стала очевидною для багатьох сфер діяльності людини. Зими та весни стали теплішими, а температурний режим атмосфери повітря – дедалі більш мінливим та непередбачуваним. Середньодобова температура повітря зросла на  $+1,5-2,^{\circ}\text{C}$ , що може здатися, на перший погляд, незначним, але, в кінцевому, таке зростання температурного фону призводить до серйозних екологічних наслідків та до зникнення багатьох видів тварин та рослин, які не пристосовані до нових умов. Людина також відчуває на собі вплив зміни клімату: посилюються різні стихійні лиха, пов'язані з нестійкістю глобальної кліматичної системи, інтенсивність яких з року в рік зростає [8–12].

Глобальне потепління клімату та сільське господарство – це два взаємопов'язані поняття. Зміна середньої місячної температури повітря, кількості опадів, умісту діоксиду вуглецю в атмосфері помітно впливає на сільське господарство, що завдає, з одного боку, позитивного впливу: подовження вегетаційного періоду та пов'язане з ним розширення зони безризикового землеробства, збільшення продуктивності сільськогосподарських культур, що спостерігається на території лісостепової ґрунтово-кліматичної зони України [13; 14].

Послаблення континентальності – сприятливий аспект зміни клімату. Відомо, що максимальна врожайність зернових культур на території Європи спостерігається у країнах із найменш континентальним кліматом. Континентальність клімату в Україні послаблюється за рахунок підвищення зимових температур повітря та зростанням кількості опадів у річному циклі. За оцінкою експертів, континентальність клімату зменшилася на  $3-5^{\circ}\text{C}$  впродовж останніх 30-ти років [15]. За даними С. Дем'яненко, В. Бутко [16], зміни клімату викликають серйозні проблеми в розвитку сільського господарства. Зокрема, найбільше це стосується країн, де місце і роль сільськогосподарства в економіці є визначальною, до яких належить також Україна. Сільське господарство, своєю чергою, саме по собі впливає на глобальне потепління викидами парникових газів від виробничої діяльності в цій галузі. За висновком Р. Вожегової [17], лише за останніх двадцять п'ять років середня температура повітря в середньому по Україні виросла приблизно на  $+1,5^{\circ}\text{C}$ , що свідчить про дуже швидкі кліматичні процеси. Особливо це помітно взимку, в січні і лютому. Середня температура в ці місяці

зросла на  $+2,3-2,5^{\circ}\text{C}$ . В липні і серпні температурне зростання становило  $+1,5-1,8^{\circ}\text{C}$ , що також є досить високим показником.

За висновками Анни Вільде [18], сучасні глобальні зміни клімату зумовлюють необхідність змін у агропромисловому виробництві. Саме тому розробка стратегії адаптивного землеробства до зміни клімату є важливим і першочерговим завданням для землеробства України.

Подальша зміна клімату та його вплив на сільське господарство України може мати два сценарії: аридний (сухий) або гумідний (вологий). Відповідно до гумідного (вологого) сценарію потепління, у середньостроковій перспективі очікується зростання врожайності практично всіх сільськогосподарських культур на 20–25%. За аридним (сухим) сценарієм потепління врожайність зернових культур швидко падатиме по всій території лісостепової зони України. За умов аридного (сухого) потепління до середини ХХІ ст. збільшення посушливості території стане головним негативним проявом зміни клімату в найродючіших районах країни, падіння врожайності зернових може перевищити 20–25% і стати критичним для економіки зони Центрального Лісостепу України [19–24].

**Актуальність.** Адаптація до зміни клімату в центральній частині Лісостепу України є процесом пристосування у природних чи людських системах у відповідь на фактичні або очікувані кліматичні впливи, що дає змогу знизити їх негативні наслідки та скористатися сприятливими можливостями від потепління. Враховуючи залежність сільськогосподарського виробництва від погодних умов, актуальним є завчасна розробка адаптаційних заходів до змін клімату. Важливим в цьому відношенні є наукове обґрунтування прийомів із найефективнішого використання додаткового агресурсного потенціалу у вигляді тепла, а також мінімізації можливих ризиків у вигляді різноманітних екстремальних явищ, які можуть істотно погіршити не тільки екологічний стан агроландшафтів, а й значно знизити продуктивність агроєкосистем, що насамперед стосується посилення глибини і просторового поширення посушливих явищ. На сьогодні питання адаптації аграрного виробництва до змін клімату до кінця не вирішені, а тому проблеми висвітлені у статті є актуальними для аграрного виробництва.

Отже, сучасні системи землеробства України потребують обов'язкового адаптивного коректування

з огляду на загальні кліматичні зміни території – адаптивної стратегії землеробства Лісостепу має мати послідовний та поетапний комплексний характер: від використання системи постійного моніторингу, за змінами гідротерміки території до застосування ґрунтозахисних ресурсо- та вологоощадних систем обробітку ґрунту та використання стійких сортів і гібридів сільськогосподарських культур в агроценозах [25–27]. Особливе місце в пом'якшенні клімату в агроландшафтах потрібно надавати лісо-меліоративним заходам [28].

**Методи дослідження.** Для реалізації цілей і завдань використовувалися такі методи дослідження: аналіз науково-методичної літератури з теми дослідження, збір інформації, порівняння, узагальнення, систематизація, а також використання сучасних методів описової статистики.

**Метою** є здійснення аналізу кліматичних параметрів, запасів вологи та динаміки продуктивності зернових культур (пшениці озимої та кукурудзи на зерно) залежно від системи адаптаційних заходів (удобрення, обробітку) за період 1913–2022 рр., визначення їх класифікаційних ознак відповідно до фрактальних властивостей, виявлення тенденцій щодо подальшого змін в агроценозах Центрального Лівобережного Лісостепу України.

**Матеріали та методи досліджень.** За оцінювання впливу зміни клімату на гідротермічні умови агроландшафтів, як правило, використовують кількісні показники, які представляють собою співвідношення ресурсу вологи до потреби у вологозабезпеченні, де у якості ресурсу використовують кількість атмосферних опадів, а їхня потреба визначається величиною випаровуваності або величиною евакотранспірації. Розрахункові методи визначення випаровуваності розділяють на 4 групи: перша – розрахунок за А.І. Будоговським (1964), та Пеймана-Монтейта (1985), який рекомендовано експертами ООН з продовольства і сільського господарства; друга група – для розрахунку використовують температурні показники та вологості повітря, до яких відносяться методи Н.Н.Іванова (1954), А.П. Константинова (1968) та В.С. Мезенцева (1967); третя група – розрахунок рівня випаровуваності вологи за М.І. Будико (1956); четверта група – розрахунок за середньомісячною температурою повітря за методиками К. Торнтвейта (1931), Л.Тюрка (1958) та Л. Холдріджа (1959). Дослідженнями Е.А.Черенкова, Н.А. Шумова (2007) встановлено, що випаровуваність визначена за методом К. Торнтвейта мала просторову

кореляцію ( $R=0,85-0,95$   $R^2=0,72-0,90$ ) з методами першої групи, розрахунки випаровуваності за Л. Тюрком та Л. Холдріджем корелювали з методами 1–3 груп на рівні середньої та високої кореляції ( $R=0,67-0,85$ ,  $R^2=0,45-0,72$ ), що дає підставу використовувати метод розрахунку випаровуваності, в представленій роботі, за 4 групою методів.

Умовні показники клімату по Торнтвейту (Thorntwaite, 1948), до яких відноситься індекс гумідності, найпоширеніші у США та Канаді; Індекс Торнтвейта використовується і в інших країнах. Для розрахунку місячної суми випаровування використовується формула 1-2:

$$E_{\text{Торнт}} = 1.6(10T_{\text{мес}} / \sum I_{\text{мес}})^{\alpha} \text{ при } T_{\text{мес}} > 0, I_{\text{мес}} = (T_{\text{мес}} / 5)^{1.514}, \quad (1)$$

$$\alpha = 0,926 : (2,42 - \log \sum I_{\text{мес}}), \quad (2)$$

де  $E_{\text{Торнт}}$  – випаровуваність по Торнтвейту, см/міс;  $T_{\text{мес}}$  – середньомісячна температура повітря, °С;  $I_{\text{мес}}$  – місячний індекс тепла.

Розрахунок випаровуваності проводиться за умови, коли середньомісячна температура повітря перевищує 0°С. Індекс гумідності по Торнтвейту визначається, коли  $P > E_{\text{Торнт}}$  за формулою (3):

$$I_{\text{T}} = 100 * \sum (P - E_{\text{Торнт}})_{\text{при } P > E_{\text{Торнт}}} : \sum E_{\text{Торнт}}, \quad (3)$$

де  $I_{\text{T(Торнт)}}$  – індекс гумідності.

Для кількісної характеристики сухості клімату В.П.Кеппен (за Н.А.Шумова, 2021, [34]) використовує співвідношення між середньорічною температурою повітря та річною сумою опадів з урахуванням сезонності зволоження (Дроздов та ін., 1989). Виділяють три типи сезонного зволоження – це переважання опадів холодного періоду, переважання опадів теплого періоду та рівномірний розподіл опадів протягом року. Теплий період, у цьому контексті у північній півкулі, триває з квітня до жовтня включно. Для кожного типу сезонного зволоження встановлені температурні межі, що визначаються на основі середньорічної температури повітря. З огляду на це, у цій роботі для оцінки гідротермічних умов клімату у Центральному Лісостепу використовується вираз  $T + 7 \leq P \leq 2(T + 7)$ , який відповідає рівномірному розподілу опадів протягом року.

Відповідно до наведеного вище виразу, якщо точки, що позначають річну суму опадів, розташовуються всередині температурних меж  $T + 7$  і  $2(T + 7)$ , це вказує на гідротермічні умови, характерні для степової зони. Якщо точки, що позначають річну суму опадів, розташовані нижче за температурну межу  $T + 7$ , то такі гідротермічні умови притаманні зоні пустелі.

Точки, що позначають річну суму опадів, які розташовані вище за температурну межу  $2(T+7)$ , свідчать про значну їхню кількість та високу зволоженість території в ці роки (табл. 1).

У 1990-х роках схема природних зон Холдріджа була рекомендована і широко застосовувалася за оцінювання рівня вразливості природних зон та їх меж за можливої зміни клімату (Guidan, 1994). Вхідними параметрами схеми є значення річної суми опадів, середньорічна біотемпература і евапотранспіраційне відношення, що показує ступінь посушливості території і є відношенням річної суми випаровуваності до річної суми опадів. Використання опадів пояснення не потребує. Біотемпература визначається за залежністю (Holdridge, 1959) за формулою (4):

$$T_{\text{bio}} = \sum T_{\text{ср.м}} : 12, \quad (4)$$

де  $T_{\text{bio}}$  – біотемпература, °С;  $T_{\text{ср.міс}}$  – середньомісячна температура повітря, °С. При розрахунку біотемператури підсумовуються лише місяці з позитивною середньомісячною температурою повітря, негативні температури повітря під час підсумовування приймаються рівними нулю.

Евапотранспіраційне відношення розраховується за формулою 5:

$$I_{\text{Холдрідж}} = E_{\text{Холдрідж}} : P_{\text{рік}} \quad (5)$$

$$E_{\text{Холдрідж}} = 58,93 * T_{\text{bio}}$$

де  $I_{\text{Холдрідж}}$  – евапотранспіраційне відношення;  
 $E_{\text{Холдрідж}}$  – випаровуваність, мм/рік;  $P_{\text{год}}$  – опади, мм/рік.

Дослідження проводилися в умовах центральної частини Лівобережного Лісостепу України у довгостроковому стаціонарному досліді Драбівського дослідного поля Черкаської державної дослідної станції «ННЦ «Інститут землеробства НААН».

Алгоритм розрахунку показника Херста, заснований на R/S аналізі, можна провести за методикою Г.К. Моисеева (2014) та Е. Найман (2009):

1. Спочатку визначаються відхилення від середнього значення: де  $N$  – довжина періоду, який змінюється від 2 до <довжини часового ряду>;  $t$  – змінна,

значення якої коливається від 1 до  $N-1$ ;  $MN$  – середнє  $N$  елементів;  $e$  – конкретний елемент часового ряду;

2. На кожній ітерації отримуємо  $N-1$  значень  $X_t$ ,  $N$ , які використовуються у формулі (2): де  $R$  – розмах відхилень  $X$ ;

3. Далі відбувається нормування розмаху шляхом ділення на стандартне відхилення  $S$ , котре знаходиться по  $N$  значенням;

4. Логарифмуємо  $R/S$  та  $N$  і будемо на основі отриманих даних графік функції залежності значення  $R/S$  у логарифмічному масштабі від періоду в логарифмічному масштабі;

5. На графіку функції  $\ln(R/S)$  від  $\ln(t)$  знаходимо нахил шляхом лінійної апроксимації. Тангенс кута цього нахилу і є показником Херста. Показник Херста, своєю чергою, пов'язаний із фрактальною розмірністю  $D$  кривої співвідношенням:  $D = 2-H$ , (3); де  $D$  – фрактальна розмірність кривої.

Показник  $H$ , за аналогією з узагальненим броунівським рухом, може набувати значень від 0 до 1: 1) ( $0 < H < 0,5$ ) або ( $1,5 < D < 2$ ) – антиперсистентний або ергодичний часовий ряд («рожевий шум»), спостерігається контртрендовість, схильність динамічної системи до постійної зміни тенденції (зростання змінюється спаданням та навпаки). Стійкість антиперсистентної поведінки ряду залежить від того, наскільки  $H$  близький до нуля, тим ряд більш мінливий, або волатильний. Такий тип системи часто називають «повернення до середнього»; 2) ( $H = 0,5$ ) або ( $D = 1,5$ ) – числовий ряд абсолютно випадковий або стохастичний («білий шум»), відсутність довготривалої статистичної залежності (випадкова поведінка показника); 3) ( $0,5 < H < 1$ ) або ( $1 < D < 1,5$ ) – персистентний часовий ряд («чорний шум»), спостерігається тренд, збереження тенденції до зростання чи спадання показника як у минулому, так і в майбутньому. При цьому чим вищими є значення показника, тим частіше за його підйомом йде підйом, а за спадом – спад. Отже, відхилення значення показника Херста від 0,5 є своєрідним відображенням фрактальних

**Таблиця 1. Співвідношення між ресурсами тепла та вологи для визначення сухості клімату за методом В. П. Кеппена [34]**

Сезонне зволоження	Семиаридний	Аридний
Перевага опадів холодного періоду року	$P > 2T$	$P < T$
Перевага опадів теплого періоду року	$T + 14 \leq 2T + 14$	$P < T + 14$
Рівномірний розподіл опадів	$T + 7 \leq 2T + 7$	$P < T + 7$

властивостей процесів, які формують часові ряди, а показник Херста, своєю чергою, пов'язаний із фрактальною розмірністю ( $D$ ) кривої співвідношенням:  $D=2-H$ . Поряд із використанням показника Херста для аналізу тенденції ряду використовують кореляційне відношення для оцінювання автокореляційного впливу попередніх значень динамічного ряду на його наступні значення й визначення майбутньої тенденції:  $C=2^{2H-1}$ , де  $C$  – міра автокореляції,  $H$  – показник Херста.

Урожайні дані, структура посівних площ за 1986–2020 рр. проаналізовано за даними Головного управління статистики Черкаської обл. Агрохімічна характеристика та стан родючості ґрунтів Черкаської обл. за 1986–2020 рр. проведено Черкаською філією державної установи «Інститут охорони ґрунтів України». Балансові розрахунки органічної речовини гумусу та поживних елементів в ґрунтах Черкаської обл. проведено за загально прийнятою методикою ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н.Соколовського».

**Результати та їх обговорення.** Аналіз середньомісячної температури повітря за 1913–2022 рр.

показав про істотне її підвищення у віковому вимірі. Так, середньорічна температура повітря, порівняно з її найнижчим значенням ( $+6,9^{\circ}\text{C}$ ) в 1920–1930 рр., зросла на  $+1,4^{\circ}\text{C}$  в 1998–2004 рр., а на період 2015–2022 рр. зростання становило у середньому  $+2,3^{\circ}\text{C}$ . Середньомісячна температура за період вегетації (IV–XI) зросла на  $+2,1^{\circ}\text{C}$ , а активне її зростання почалося з 2005–2009 рр., на період 2010–2022 рр. зростання температури сягало  $+0,5^{\circ}\text{C}$ . У період активної вегетації (VI–VIII) зростання температури становило  $+3,9^{\circ}\text{C}$ , а у період 2010–2022 рр. досягало  $+20,1$ – $20,7^{\circ}\text{C}$  (рис. 1).

У холодний період року (XI–III) з 2013 по 2022 рр. середньомісячна температура повітря підвищилася у 24,5 раза: з  $-4,9^{\circ}\text{C}$  до  $-0,2^{\circ}\text{C}$ . Особливо інтенсивне потепління холодного періоду року відбувалося з 1998 р.

Фрактальна оцінка рядів динаміки середньомісячної температури повітря по періодах року та загалом за рік показала, що фрактальна розмірність рядів динаміки (за зростаючим трендом) була  $D < 1,4$ , а показник  $H = 0,97$ – $0,98$ , що відповідає стійкому персистентному стану, який збережеться і в майбутніх періодах визначень (табл. 2). Рівняння трендів у всіх

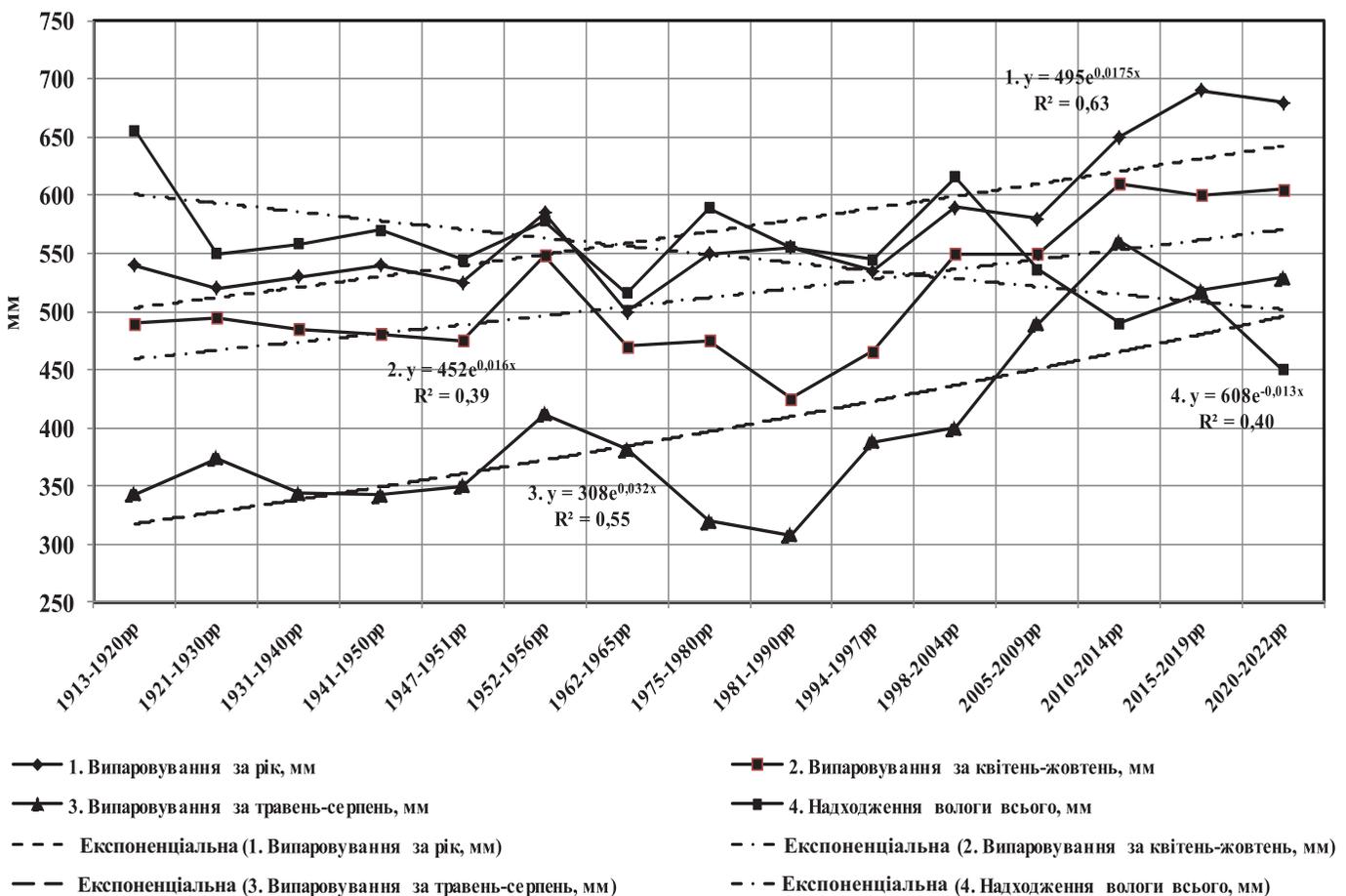


Рис. 1. Динаміка середньомісячної температури повітря по періодах року за 1913–2022 рр.

**Таблиця 2. Фрактальна оцінка кліматичних параметрів центральної частини Лісостепу за 1913–2022 рр.**

Пори року	Експоненціальне рівняння, $Y=ae^{\pm bx}$	Фрактальна розмірність, $D=1- \pm bx $	Показник Херста, $H=2-D$	Міра автокореляції, $C=2^{2H-1}-1$	Фрактальна характеристика ряду параметру
<b>Опади, мм</b>					
За рік	$Y=458e^{0,011x}$ $R^2=0,38$	0,99	1,01	0,45	Персистентний ( $D<1,4$ )
Квітень–жовтень	$Y=392e^{-0,011x}$ $R^2=0,38$	0,99	0,99	0,95	
Травень–серпень	$Y=295e^{-0,016x}$ $R^2=0,38$	0,98	0,98	0,94	
Холодний період року	$Y=73,8e^{0,058x}$ $R^2=0,38$	0,94	1,06	0,84	
<b>Середньодобова температура повітря, T°C</b>					
За рік	$Y=6,83e^{0,019x}$ $R^2=0,63$	0,98	1,02	0,94	Персистентний ( $D<1,4$ )
Квітень–жовтень	$Y=10,8e^{0,013x}$ $R^2=0,63$	0,99	1,01	0,91	
Травень–серпень	$Y=17,0e^{0,010x}$ $R^2=0,58$	0,99	1,01	0,95	

випадках були достовірними ( $R^2=0,58-0,64$ ), а міра автокореляції в ряду динаміки була на рівні прямої сильної кореляції ( $R>0,75$ ).

Аналіз рядів динаміки атмосферних опадів з 1913 по 2022 рр. у річному вимірі відбувався за зростаючим трендом від найменших значень (430 мм) до найвищих у період 1998–2022 рр. ~547 мм, а це +117 мм (рис. 2).

За вегетаційний період (IV–XI) кількість атмосферних опадів знизилася від 400 мм (1913–2021 рр.) до 315 мм (2020–2022 рр.), а це – 85 мм. За період активної вегетації (VI–VIII) кількість атмосферних опадів мала стійку тенденцію до зниження, а у період 2010–2014 рр. та 2020–2022 рр. знизилася до 155–217 мм.

Тренди рядів динаміки атмосферних опадів за теплий період року були спадними, а за холодний період, навпаки, зростаючими, що загалом впливало на зростання суми атмосферних опадів за рік. Так, якщо у 1913 р. за холодний період року випадало близько 100 мм вологи, то починаючи з 1994–1997 рр. кількість опадів перевищила у період 2020–2022 рр. 200 мм або у 2 рази більше.

Фрактальна оцінка показала, що ряди динаміки мають стійкий персистентний стан, що свідчить про незмінність трендовості у майбутньому, яка пов'язана з зростанням кількості опадів за рік за зниження

кількості опадів у теплий період року та зростання кількості опадів в осінньо-зимовий період.

Вивчення динаміки запасу вологи у метровому шарі ґрунту у березні показало, що за 1913–2022 рр. відбулося зменшення її запасу. Якщо у 1952–1990 рр. запаси вологи досягали 180–195 мм, а в 1921–1951 рр. були на рівні 170–175 мм, то в 2010–2022 рр. запас вологи становив 135–141 мм, що менше на 50 мм та 35 мм відповідно. Потенціал вологи, який складається з запасу у метровому шарі ґрунту та кількості опадів за холодний період року, зростає від 1913–1920 рр. до 2020–2022 рр. на 114 мм, але якщо відсоток запасу ґрунтової вологи у першому випадку становив 64,5%, то у другому – 36,5%. У період 1947–1956 рр. відсоток ґрунтової вологи досягав 71,1–75,6%. У подальшому відсоток ґрунтової вологи станом на березень почав знижуватися від 67,2% (1962–1956 рр.) до 58,2% (1975–1980 рр.), 50,5% (2005–2009 рр.), 46,2% (2010–2014 рр.) та 36,2% (2020–2022 рр.), що менше порівняно з 1913–1920 рр. в 1,77 раза.

Гіпотетично визначений запас вологи у ґрунті у період з 1913 по 1951 рр. сягав 74–100 мм, з 1975 по 2004 рр. – 42–55 мм, тоді як з 2005 по 2012 рр. запаси вологи перед входом у зиму знижувалися до рівня мертвого запасу. Подібне явище пов'язане з формуванням стійкого снігового покриву у період з 1913 по 2004 рр., а у період з 2005 по 2022 рр. зростання

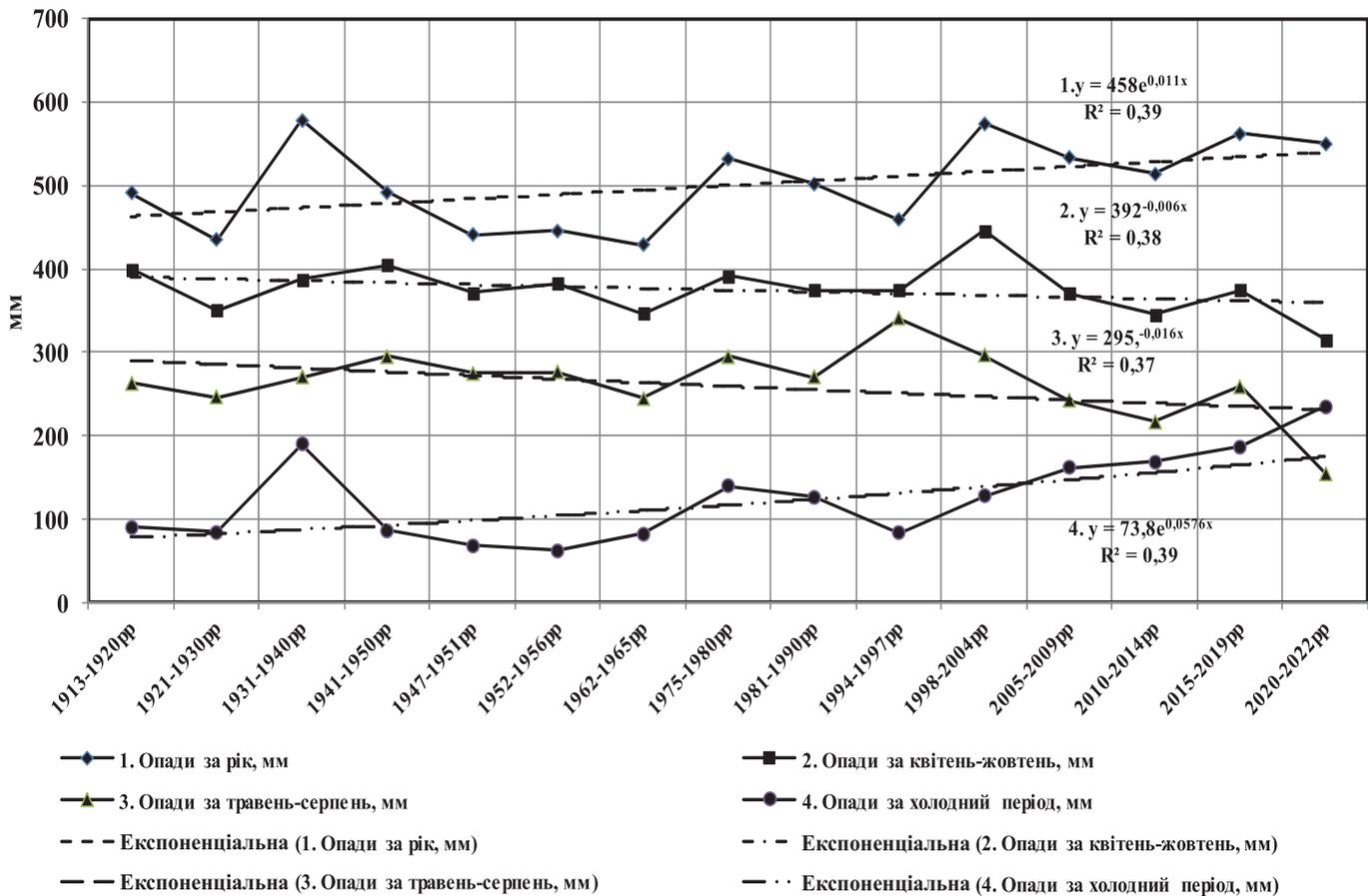


Рис. 2. Динаміка середньомісячних опадів по періодах року за 1913–2022 рр.

середньомісячної температури повітря, випадання опадів у вигляді дощу та формування незначного за товщиною снігового покриву призводило до вивітрювання вологи та зменшення рівня засвоєваності осінньо-зимових опадів.

Динаміка запасів вологи у ґрунті та кількість опадів за теплий період року загалом формувала спадний тренд. Починаючи з 1998–2004 рр. відмічено найбільшу інтенсивність спадності тренду надходження сумарної кількості вологи: з 600 мм до 500 мм (2010–2014 рр.) та незначного зростання до 530 мм у період 2020–2022 рр., що формує різко виражений від’ємний баланс вологи у теплий період року, який досягає 120–150 мм.

Фрактальна оцінка рядів динаміки зазначених процесів накопичення ґрунтової вологи, випадання опадів за холодний період року, формування загального потенціалу умісту вологи на початок весни та відсоток запасу вологи у метровому шарі ґрунту мають стійко спадний персистентний характер. У подальші роки запаси вологи та її потенціал буде змінюватися за встановленою нами закономірністю (табл. 3).

Між зростанням середньомісячної температури повітря як загалом за рік, так і по теплому періоду року та

величиною випаровування вологи встановлено тісний кореляційний зв’язок ( $R=0,85\pm 0,03$ ), що по суті і вплинуло на тренди в динаміці зазначеного показника.

Так, у період 1913–1920 рр. випаровуваність за рік становила 540 мм, а у період 1998–2004 рр. зросла на 50 мм, а до 2016–2022 рр. – на 110–140 мм. За вегетаційний період (IV–XI) збереглася встановлена закономірність: якщо у період 1913–1956 рр. випаровуваність становила 481–490 мм, то у період 2015–2022 рр. випаровуваність зросла у середньому на 123 мм. Аналогічно зростала випаровуваність за період активної вегетації (VI–VIII). У період 1913–1951 рр. з 351 мм до 536 мм – у період 2010–2022 рр., що вище на 185 мм або на 153% (рис. 3). Фрактальна оцінка рядів динаміки випаровуваності показала, що тренди як за рік, так і по теплому періоду року мали персистентний зростаючий характер ( $D < 1,4$ ), що збережеться й у наступні періоди спостережень (табл. 3).

Аналіз динаміки індексу гумідності клімату ( $I_g$ ) за рік та по періодах року показав, що тренди рядів динаміки мали спадний характер за період 1913–2022 рр. Загалом  $I_g$  за рік у періоди 1941–1950 рр. та 1975–1980 рр. становив 142% та 144%, а у період 1981–1990 рр. – 133%. У подальшому спостерігається

Таблиця 3. Фрактальна оцінка кліматичних параметрів центральної частини Лісостепу за 1913–2022 рр.

Пори року	Експоненціальне рівняння, $Y=ae^{\pm bx}$	Фрактальна розмірність, $D=1- \pm bx $	Показник Херста, $H=2-D$	Міра автокореляції, $C=2^{2H-1}-1$	Фрактальна характеристика ряду параметру
<b>Надходження вологи (опад+запас вологи в ґрунті), мм</b>					
За холодний період	$Y=608e^{-0,058x}$ $R^2=0,40$	1,01	0,99	0,95	Персистентний ( $D<1,4$ )
<b>Індекс гумідності клімату, <math>I_g</math></b>					
За рік	$Y=130e^{-0,012x}$ $R^2=0,39$	1,01	0,99	0,95	Персистентний ( $D<1,4$ )
Квітень–жовтень	$Y=159e^{-0,052x}$ $R^2=0,58$	1,05	0,95	0,86	
Травень–серпень	$Y=129e^{-0,025x}$ $R^2=0,48$	1,03	0,98	0,94	
<b>Випаровування, мм</b>					
За рік	$Y=494e^{0,017x}$ $R^2=0,63$	0,98	1,02	0,94	Персистентний ( $D<1,4$ )
Квітень–жовтень	$Y=452e^{0,015x}$ $R^2=0,40$	0,99	1,01	0,93	
Травень–серпень	$Y=307e^{0,032x}$ $R^2=0,55$	0,96	1,06	0,91	

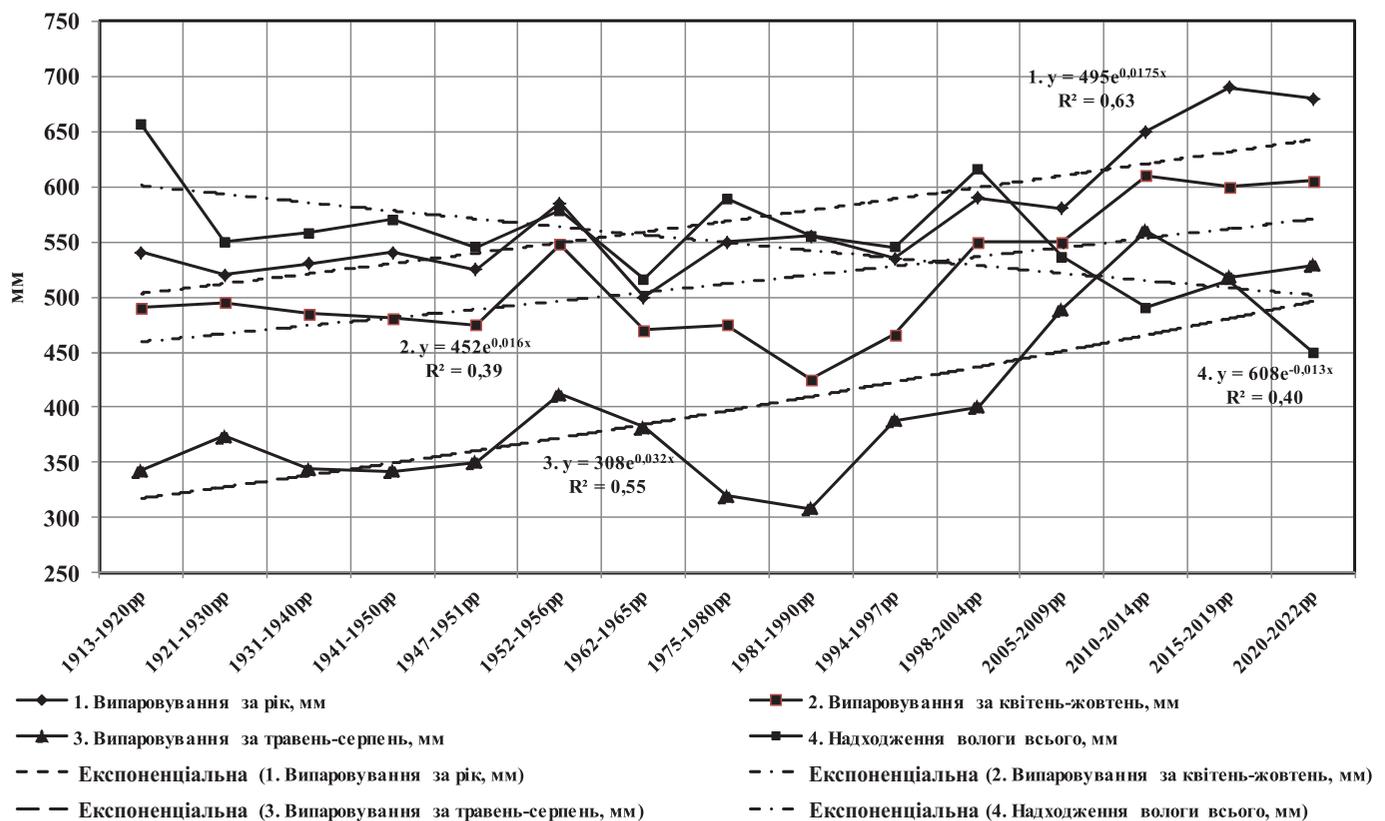


Рис. 3. Динаміка середньомісячного випаровування по періодах року та надходження вологи за 1913–2022 рр.

поступове зниження  $I_g$  до значень 101% у період 2010–2020 рр. Загалом  $I_g$  не знижувався за 100%, що характеризує режим погоди (багаторічний режим

погоди в певній місцевості називають кліматом цієї території), як послаблення гумідизації за стійким спадним, трендом (рис. 4).

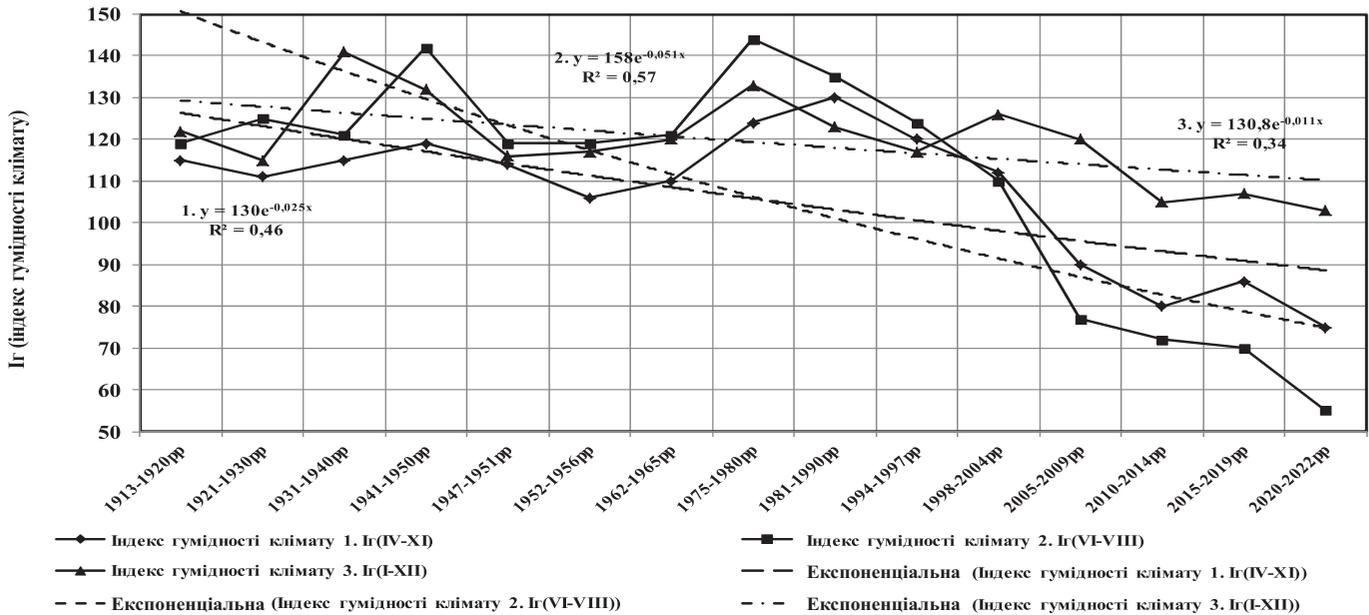


Рис. 4. Динаміка індексу гумідності клімату по періодах року та за рік за 1913–2022 рр.

За вегетаційний період (V–VIII) динаміка Іг зберегла тенденцію спадності тренду. У період 1975–1997 рр. Іг=124–144%, а у період 1941–1956 рр. Іг=142%. Починаючи з 1998–2004 рр. Іг почав різко знижуватися: від Іг=109% до Іг=65–77%, що свідчить про наближення Іг до показників індексу аридності (Іа), коли кількість вологи, яка випаровується (P<E). Аналогічною закономірністю змінювався Іг за теплий період року (IV–XI) – активна вегетація культур. Найвищим Іг був

у період 1975–1990 рр. – Іг=124–130%, а у подальші роки Іг знижувався до Іг=75–89% (2015–2022 рр.), що значно ускладнювало умови вегетації сільськогосподарських культур. Фрактальна оцінка показала, що тренди рядів динаміки мали персистентним характер, коли D<1,4, що забезпечує збереження встановленого процесу зниження Іг у майбутньому.

Для кількісної характеристики сухості клімату у центральній частині Лісостепу використано

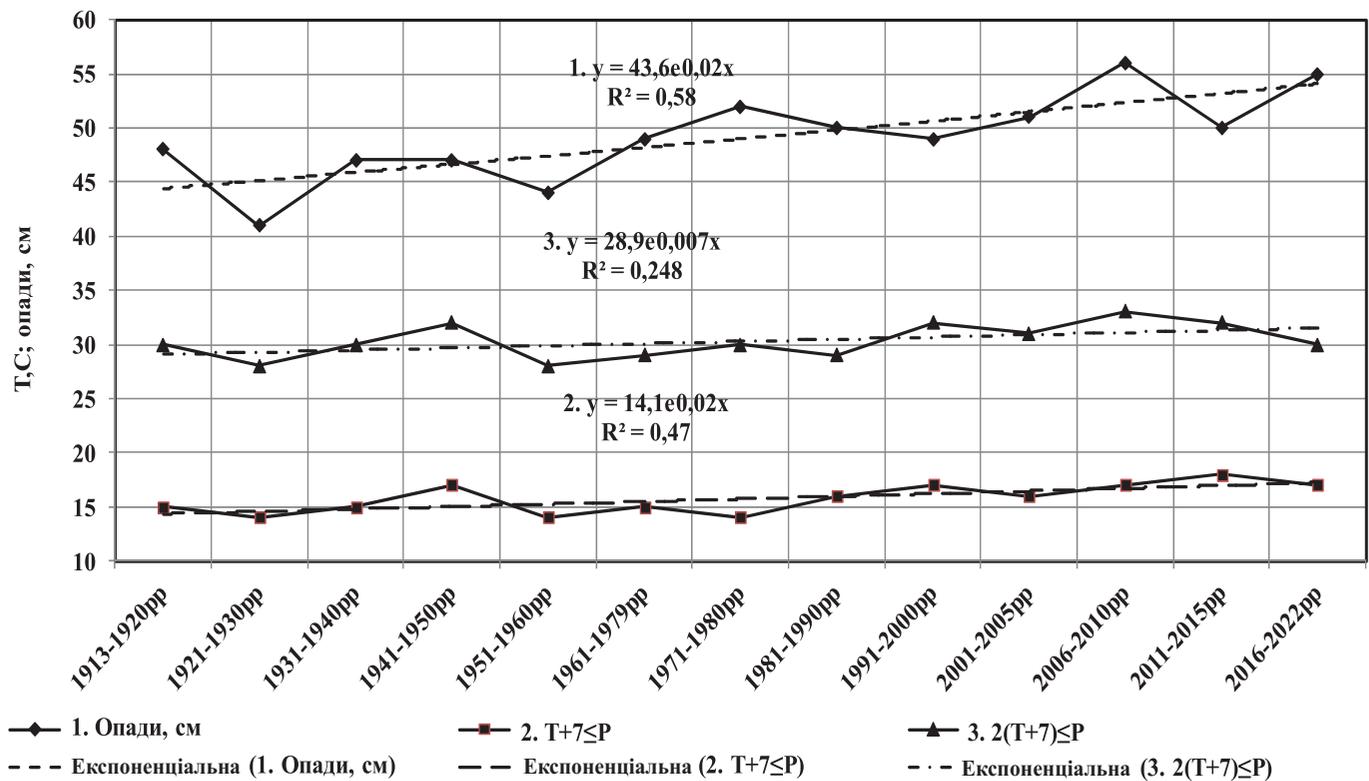


Рис. 5. Динаміка гідротермічних умов клімату за 1913–2022 рр.

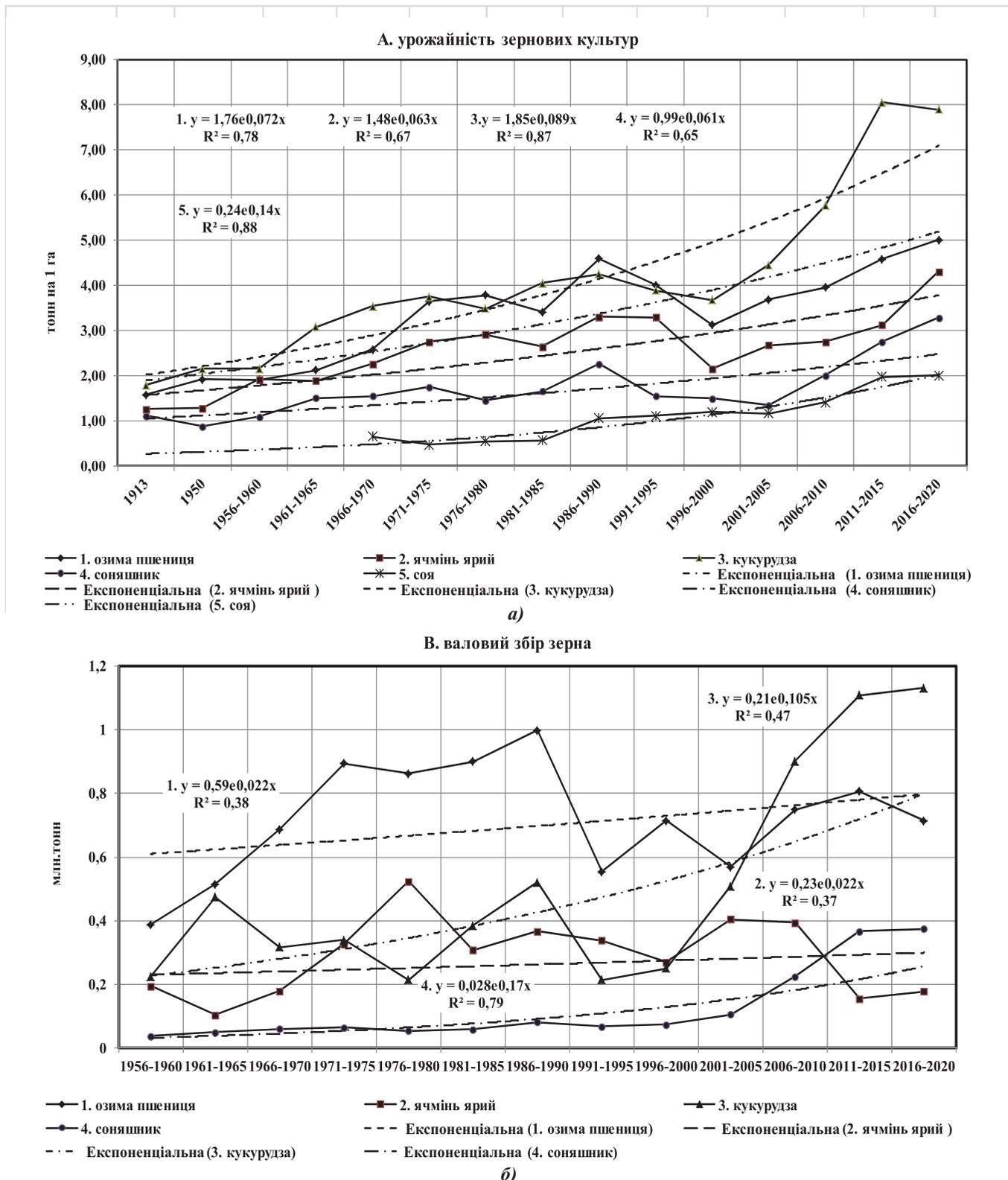


Рис. 6. Динаміка урожайності (а) та валових зборів (б) найбільш ліквідних культур в АПК Черкаської обл. за 1956–2020 рр.

співвідношення між середньорічною температурою повітря та річною сумою опадів із врахуванням сезонної зволоженості. За В.П. Кепшеном [33] виділено температурні межі:  $T+7$  – нижня межа та  $2(T+7)$  – верхня межа, а також сума річних

опадів –  $P$ , мм. Якщо сума опадів  $P$  знаходиться в межах зазначених температурних інтервалів, то це вказує на те, що гідротермічні умови характерні для степової зони, що дає право стверджувати про остепніння зони Лісостепу, а якщо  $P > 2(T+7)$ ,

то гідротермічні умови характерні для Лісостепо-вої зони.

Виявлено, що величина  $P$  за усі роки перевищувала  $2(T+7)$  на 146–180% і знаходилася вище зазначеної межі. Відхилення  $P$  від  $(T+7)$  становило 273–360 %, що свідчить про відхилення гідротермічних умов Лісостепу від аридизації клімату. Зростання середньорічної температури повітря у період 2005–2022 рр. до  $+9,2-9,7^{\circ}\text{C}$  не є критичним і свідчить про відсутність умов остепніння території Лісостепу. Фрактальна оцінка рядів динаміки  $P$ ,  $T+7$  та  $2(T+7)$  свідчить про стійкий спадний характер трендів ( $D<1,4$ ), який не зміниться у майбутньому (табл.3, рис. 5).

Послаблення гумідизації клімату в умовах Центрального Лісостепу України виявилось позитивним явищем для агропромислового виробництва. На рис. 6 показана динаміка урожайності основних сільськогосподарських культур за період 1913–2020 рр. Урожайність пшениці озимої з 1913 по 1986–1990 рр. зросла у 2,9 раза, а у період з 1986–1990 рр. по 2016–2022 рр. – в 1,09 раза. При цьому валовий збір зерна зріс в 2,57 раза та зменшився в 2016–2022 рр. на 0,28 млн т.

Урожайність ячменю ярого з 1913 по 1986–1990 рр. зросла на 2,05 т/га, а до періоду 2016–2020 рр. – на 1 т/га відносно 1986–1990 рр. Загалом урожайність ячменю з 1913 зросла в 2016–2020 рр. у 3,4 раза, або на 3,05 т/га. Валовий збір зерна до 1986–1990 рр. зріс в 1,9 раза, але в 2016–2022 рр. знизився до 0,178 млн т, або у 2,1 раза, що пов'язано з зменшенням площ посівів ячменю ярого.

Урожайність кукурудзи на зерно в 1986–1990 рр. зросла у 2,4 раза відносно 1913 р., а у 2011–2020 рр. зросла у 4,5 та 1,9 раза відповідно. Валовий збір зерна кукурудзи відносно 1956–1960 рр. у 1981–1990 рр. зріс у 2,3 раза, а у 2016–2020 рр. – у 5 та 2,2 раза відповідно. Урожайність соняшнику відносно 1913 р. у період 1986–1990 рр. зросла у 2,03 раза, а в 2016–2022 рр. – у 2,96 та 1,45 раза відповідно. Валовий збір насіння соняшнику відносно 1986–1990 рр. у період 2016–2020 рр. зріс у 4,57 раза, а відносно 1956–1960 рр. – у 9,8 разів. За аналогічною закономірністю зростала урожайність сої. Якщо у період 1986–1990 рр. урожайність сої становила 1,06 т/га, то у період 2011–2020 рр. – 2,0 т/га, що в 1,9 раза вище.

**Таблиця. 4. Фрактальна оцінка урожайності та валових зборів ліквідних сільськогосподарських культур в АПК Черкаської обл. за 1956–2020 рр.**

Сільськогосподарські культури	Експоненціальне рівняння, $Y=ae^{\pm bx}$	Фрактальна розмірність, $H=1- \pm bx $	Показник Херста, $D=2-H$	Міра автокореляції, $C=2^{2H-1}$	Фрактальна характеристика ряду параметру
<b>Урожайність, т/га</b>					
Пшениця озима	$Y=1,76e^{0,072x}$ $R^2=0,78$	0,93	1,07	0,95	Персистентний ( $D<1,4$ )
Ячмінь ярий	$Y=1,48e^{0,063x}$ $R^2=0,67$	0,94	1,06	0,95	
Кукурудза на зерно	$Y=1,85e^{0,059x}$ $R^2=0,88$	0,41	1,59	0,94	
Соняшник	$Y=0,99e^{0,061x}$ $R^2=0,65$	0,94	1,06	0,84	
Соя	$Y=0,24e^{0,14x}$ $R^2=0,88$	0,86	1,16	0,87	
<b>Валові збори, млн т</b>					
Пшениця озима	$Y=0,59e^{0,022x}$ $R^2=0,39$	0,98	1,02	0,95	Персистентний ( $D<1,4$ )
Ячмінь ярий	$Y=0,23e^{0,022x}$ $R^2=0,39$	0,98	1,02	0,95	
Кукурудза на зерно	$Y=0,21e^{0,11x}$ $R^2=0,48$	0,89	1,11	0,94	
Соняшник	$Y=0,028e^{0,17x}$ $R^2=0,79$	0,83	1,17	0,84	

Фрактальна оцінка рядів динаміки урожайності пшениці озимої, ячменю ярого, кукурудзи на зерно, соняшнику та сої показала, що ряди динаміки є персистентно зростаючими і стійкими  $D < 1,4$   $0,5 < H \leq 1$ , що характеризує ряди динаміки як персистентні зі збереженням тенденції до зростання у майбутніх періодах, а високі значення  $H$  забезпечують подальше зростання урожайності в одному напрямі (табл.4).

В Україні загалом та Центральному Лісостепу домінує незбалансована, дефіцитна (за балансом гумусу, азоту, фосфору і калію) система землеробства. Як наслідок, протягом останніх 20 років ґрунти України втратили 0,5% гумусу (за даними Центрдержродючості). Невеликі дози внесення гною і туків не забезпечують відтворення родючості ґрунтів. Врожаї, отримувані в агропромисловому комплексі України, за останніх 20 років – переважно результат вичерпування винятково природної родючості ґрунту, результат збіднення потенційної її частини. Зберігати і надалі такий підхід до родючості неприпустимо, бо це призведе до подальшого загострення проблеми [29].

В АПК Черкаської обл. у період 1986–1990 рр. вносилося 177 кг/га д. р. NPK, гною – 11 т/га,  $\text{CaCO}_3$  – 5,8 т/га. Баланс гумусу становив +0,26 т/га, баланс NPK +145 т/га за постійного додатного балансу  $N=+57$  т/га,  $P=+33$  т/га,  $K=+55$  т/га. Уміст гумусу по області становив 3,24%, що нижче відносно умісту в 1961–1970 рр. на 0,07 %. Щороку дегуміфікація становила 0,0024%. У період з 1996 по 2000 рр. зменшилося (у 7 разів) внесення мінеральних добрив, гною – у 3,1

раза менше. Баланс гумусу набув від’ємного значення (–0,57 т/га), баланс NPK також був від’ємним –78 кг/га (табл. 5).

За період 2001–2020 рр. відбулося повільне зростання доз внесення NPK мінеральних добрив: від 26 кг/га до 117 кг/га. Кількість внесення гною стабілізувалася на рівні 1,2 т/га, а взамін гною вносилося 8–10 т/га побічної продукції. Баланс гумусу набув від’ємного значення (–0,45–0,49 т/га). Баланс NPK був від’ємним на рівні –120–100 кг/га. Оцінка показників родючості за 2016–2017 рр. свідчить про ще більше погіршення загального стану родючості: баланс гумусу –0,53 т/га, баланс NPK –143 кг/га. При цьому уміст гумусу стабілізувався на рівні 3,05–3,06%.

Відносно 1961–1970 рр. уміст гумусу в ґрунтах АПК Черкаської обл. знизився на 0,18%, а дегуміфікація становила 0,0038% у рік, а відносно 1986–1990 рр. зниження умісту гумусу становило 0,14%, або 0,006% щороку. За внесення гною у якості органічного добрива (1986–1990 рр.) співвідношення органічних добрив до азоту в ґрунті становило 25 до 1, що є оптимальним та забезпечує інтенсивну гуміфікацію органічних добрив у гумус. За внесення у якості органічного добрива побічної продукції співвідношення розширюється до 45 до 1, що потребує додаткового внесення мінерального азоту для попередження мінералізації гумусу мікроорганізмами для вивільнення додаткового азоту.

Оцінка показників родючості за 2016–2020 рр. свідчить про погіршення загального стану родючості

**Таблиця 5.** Зміна показників родючості орних земель АПК Черкаської обл. за 1986–2020 рр.

Показники	Роки					
	1986–1990	1996–2000	2001–2012	2013–2017	2018–2019	2020
NPK, кг на 1 га	*177	*25,0	**62,0	**105	**113	125
Гній, т на 1 га	11,0	3,50	1,30	1,20	1,20	1,06
Побічна продукція, т/га	2–3 т/га		8–10 т/га			
Вміст гумусу, %	3,24	3,23	3,04	3,05	3,06	3,05
Баланс гумусу, т/га	+0,26	–0,57	–0,45	–0,49	–0,53	–0,51
Баланс NPK, кг/га:	145,0	–78,0	–120,0	–100	–143,0	–153,0
азоту	+57,0	–25,0	–35,0	–30,0	–45,0	–40,0
фосфору	+33,0	–11,0	–19,0	–16,0	–30,0	–0,29
калію	+55,0	–42,0	–66,0	–53,0	–80,0	–0,76
Органічні добрива до N	25 до 1	39 до 1		45 до 1		

**Примітка.** \*1986–2000 рр.: співвідношення NPK: 1 до 1 до 1; \*\*2001–2020 рр. у сумі NPK 70% азот.

орних земель АПК області: баланс гумусу  $-0,48$  т/га, баланс NPK  $=-143$  кг/га; уміст гумусу стабілізувався на рівні  $3,05-3,06\%$ . Відносно 1961–1970 рр. уміст гумусу в ґрунтах АПК Черкаської обл. знизився на  $0,21\%$ , а дегуміфікація становила  $0,0038\%$  у рік, а відносно 1986–1990 рр. зниження умісту гумусу становило  $0,14\%$ , або  $0,0067\%$  щороку.

За 2013–2020 рр. структура посівних площ активно змінилася відносно рекомендованої у бік погіршення: озимих зернових стало менше в  $1,38$  раза ( $17,8\%$ ), у т. ч. пшениці озимої менше в  $1,43$  раза. Площі ярих колосових зменшилися у  $3,72$  раза, а площі посіву кукурудзи на зерно зросли у  $2,06$  раза (відносно 2010 р.) та у  $4,3$  раза відносно 1986–1990 рр. Площі ярих зернових зросли в  $1,16$  та  $2,12$  раза відповідно. Істотно зросла площа технічних культур у  $2,5$  рази відносно 2010 р. та у  $2,15$  раза відносно 1986–1990 рр. При цьому площі кормових культур зменшилися у  $3,39$  та  $6,31$  раза відповідно.

Зростання частки валового збору зерна ярих зернових культур відбувалося за рахунок розширення посівних площ і високої урожайності кукурудзи на зерно на фоні скорочення площ під озимі зернові і ярі колосові культури. Якщо у період 1986–1990 рр. домінуючими культурами у формуванні валу зерна були озимі зернові і ярі колосові культури, то у період 2013–2020 рр. домінуючою культурою є кукурудза і меншою мірою пшениця озима.

У найближчу перспективу найбільш безпечна ситуація буде для пшениці озимої, тому що за рахунок глибокого укорінення з осені, м'якої та теплої зими, незначного промерзання ґрунту формується достатній запас ґрунтової вологи на весну. Це може призвести до того, що лише за рахунок гумідизації клімату врожайність цієї культури може бути збільшена на  $1,0-2,0$  т/га. Ризик для ярих колосових культур менш оптимістичний. Наприклад, для ярого ячменю все залежить від погодних умов навесні. Чим більш ранні терміни сівби, тим врожайнішою буде ця культура, оскільки в середньому йде тенденція до того, що терміни сівби щороку наступають на  $15-20$  діб раніше, середньобогаторічних. Що стосується культур пізніх строків сівби навесні, до яких належить кукурудза, соя соняшник, наші оцінки дуже песимістичні, тому що ця група культур буде сприйнятливою до тренду підвищення температур (зниження рівня гумідизації) у літні місяці вегетації. Урожай значених культур може сформуватися вже до середини серпня, тобто скорочуватиметься період вегетації

і, як наслідок, знижуватиметься врожайність, але за достатньої кількості опадів за їхньої вегетаційний період урожайність буде зростати [30–33].

## Висновки

На основі аналізу даних, які отримані з використанням методу В.П.Кеппена, можна зробити висновок про те, що на території ентральної частини Лісостепу (1913–2022 рр.) не фіксувалося періодів відхилень (Т+7) та 2(Т+7) у бік погіршення до того рівня, коли гідротермічні умови клімату набували степового характеру. Нижня межа гідротермічних умов клімату змінювалася навколо  $T=+15^{\circ}\text{C}$ , а верхня межа показника навколо  $T=+30^{\circ}\text{C}$  з стійкою тенденцією до зростання. Між кількістю річних опадів та Т+7 і 2(Т+7) виявлено пряму кореляцію ( $R=+0,81-0,85\pm 0,02$ ). Тренд зростання кількості річних опадів був більш стрімким порівняно з наростанням температурних показників, тобто опади були компенсаторним чинником, що можна розцінювати як саморегулювальний механізм адаптивності до наростання аридності клімату лісостепової зони.

У віковому циклі індекс гумідності клімату в Центральному Лісостепу України найвищих значень досягали в період 1981–1990 рр. та 1998–2004 рр., а у 2020–2022 рр. індекс гумідності знижувався за спадним трендом до значень близьких до  $100\%$ . Гумідність клімату періоду активної вегетації культур в агроценозах максимального значення набував в період з 1931 по 1950 рр., а з 1980 по 1990 рр. він стрімко знижувався, досягаючи в 2020–2022 рр. значень менших за  $90\%$ , що свідчить про погіршення умов вегетації сільськогосподарських культур до надмірно жорстких, які наближаються до межі північної частини степової зони України.

Послаблення гумідизації клімату в умовах Центрального Лісостепу України позитивно вплинуло на динаміку урожайності основних сільськогосподарських культур: урожайність пшениці озимої період з 1986–1990 рр. по 2016–2022 рр. зросла в  $1,10$  раза, а валовий збір зерна – в  $2,57$  раза. Урожайність ячменю ярого з 1913 по 1986–1990 рр. зросла на  $2,05$  т/га, а до періоду 2016–2020 рр. – на  $1$  т/га відносно 1986–1990 рр. Валовий збір зерна до 1986–1990 рр. зріс в  $1,9$  раза, але в 2016–2022 рр. знизився до  $0,178$  млн т, або у  $2,1$  раза, що пов'язано з зменшенням площ посівів ячменю ярого. Урожайність кукурудзи на зерно в 1986–1990 рр. зросла у  $2,4$  раза відносно 1913 р., а у 2011–2020 рр. зросла у  $4,5$  та  $1,9$  раза відповідно. Валовий збір зерна кукурудзи відносно 1956–1960 рр.

у 1981–1990 рр. зріс у 2,3 раза, а у 2016–2020 рр. – у 5 та 2,2 раза відповідно.

Зміни клімату, що вже відбулись і продовжують відбуватись в Україні можуть вплинути на урожайність зернових по-різному: у деяких регіонах на півночі України через ріст зимових температур та кількості опадів, довший безморозний період та вищу концентрацію CO<sub>2</sub>, площі придатних до сільськогосподарства угідь можуть зрости. Збільшення тривалості періоду високих температур може стати

нормою, загрожуючи виробництву сільськогосподарських культур під час періоду вегетації. З метою забезпечення сталого розвитку зерновиробництва агропромисловість України повинні застосовувати сучасні, пристосовані до нових кліматичних умов сорти зернових культур та агроекологічні технології обробітку ґрунту (неглибоке рихлення плоскорізами або глибокий плоскорізний обробіток, мульчування, використання органічної маси післязбираних решток як добрива на полях тощо).

## ЛІТЕРАТУРА

1. Wilson, L., New, S., Daron, J., Golding, N. Climate Change Impacts for Ukraine. Met Office. 2021.
2. Балабух В. А., Малицька Л. В., Ягодинец С. Н., Лавриненко Е. Н. Проекції изменения и ожидаемые значения климатических средних и показателей экстремальности термического режима к середине XXI века в Украине. *Природопользование*. 2018. №1. С. 97–113.
3. Малицька Л.В., Балабух В.О. Ймовірні зміни кліматичних умов України до середини XXI ст. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2020. № 1(56). С. 94–100. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2020.1.10>.
4. Karl E. Taylor, Ronald J. Stouffer, Gerald A. Meehl. An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 2012. Vol. 93. № 4. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1>
5. Krakovska S., Gnatiuk N., Shpytal T., Shedemenko I. Methodology of the best RCMs ensemble selection applied for Ukraine. *Proc. of the International Conference on Regional Climate CORDEX (Brussels, Belgium)*. 2013. URL: [http://cordex2013.wcrp-climate.org/posters/P2\\_44\\_Krakovska.pdf](http://cordex2013.wcrp-climate.org/posters/P2_44_Krakovska.pdf).
6. IPCC, 2007: Climate Change (2007): Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp.
7. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
8. Балабух В.О. Оцінювання сучасних змін термічного режиму України. *Геоінформатика*. 2017. №4. С.5–20.
9. Ситник О.І., Трохименко Т.Г. Особливості агрокліматичних сезонів та динаміка агрокліматичних ресурсів Черкаської області на початку ХХІ ст. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету ім. М. Коцюбинського. Серія «Географія»*. 2016. Вип. 28. С. 226–235.
10. Малицька Л.В., Балабух В.О. Ймовірні зміни кліматичних умов України до середини XXI ст. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2020. №1 (56). С.94–100
11. Костюченко Ю. В. Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2015. № 7. С. 64–85. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukjdz\\_2015\\_7\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukjdz_2015_7_10).
12. Криворученко З.Р. Тенденції та можливі наслідки глобальних та регіональних змін клімату. URL: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=754>.
13. Іванюта С.П., Коломієць О.О., Малиновська О.А., Якушенко Л.М. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь. за ред. С. П. Іванюти. Київ : НІСД, 2020. 110 с.
14. Адаменко, Т. 2007. Кліматичні умови України та можливі результати потепління клімату. *Agromedia*. 2007. (1). Р. 8–11.
15. Фейєн Л. та ін. Вплив зміни клімату та адаптація в Європі. Підсумковий звіт JRC PESETA IV. EUR 30180EN, Офіс публікацій Європейського Союзу, Люксембург. 2020 р.
16. Демяненко С., Бутко В. Стратегія адаптації аграрних підприємств України до глобальних змін клімату. URL: [http://www.google.com.ua/url?url=http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe](http://www.google.com.ua/url?url=http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe).
17. Вожегова Р. Адаптація землеробства степової зони до умов підвищення посушливості клімату. URL:

- <http://unt.org.ua/adaptats-yazemlerobstva-stepovozoni-do-umov-p-dvishchennya-posushlivost-klimatu>.
18. Вільде А. Адаптація до змін клімату в сільському господарстві України. URL:<http://ecoclubua.com/2015/07/adaptatsiya-do-zmin-klimatu-v-s-h/>.
  19. Тараріко О.Г., Ільєнко Т.В. Прогнозування впливу погодних умов на урожай зернових. *Землеробство*. 2015. № 2. С. 66–72.
  20. Тараріко О.Г., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л. Вплив змін клімату на продуктивність та валові збори зернових культур: аналіз та прогноз *Український географічний журнал*. 2016. №1. С.14–22. doi : <http://dx.doi.org/10.15407/ugz2016.01.014>
  21. Адаменко Т. Как потепление действует на рынок зерна. *Зерно*. №10(30). С. 38 – 45.
  22. Просунко В.М. Як впливатиме зміна клімату на рослинництво? (прогноз вчених). *Селекція і насінництво: міжвід. темат. наук. зб.* Харків, 2006. Вип. 93. С. 3 – 9.
  23. Адаменко Т.І. Агрокліматичне зонування території України з врахуванням зміни клімату. URL: [http://www.gwp.org/Global/GWP-CEE\\_Files/IDMP-CEE/IDMP-Agroclimatic.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWP-CEE_Files/IDMP-CEE/IDMP-Agroclimatic.pdf)
  24. Цищюра Я.Г. Адаптивна стратегія землеробства правобережного Лісостепу України. *Землеробство та сучасні напрями побудови сівозмін*. №5. 2017. С.25–33.
  25. Демяненко С., Бутко В. Стратегія адаптації аграрних підприємств України до глобальних змін клімату. URL: [http://www.google.com.ua/url?url=http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe](http://www.google.com.ua/url?url=http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe).
  26. Цищюра Я.Г., Цищюра Т. В. Адаптивний потенціал окремих с.-х. культур в умовах зміни клімату. URL: [http://pniiaz.ru/d/778105/d/zhurnalno2\(9\)2015.pdf](http://pniiaz.ru/d/778105/d/zhurnalno2(9)2015.pdf).
  27. Борисюк С. Л. Напрямки зниження негативних наслідків імовірної глобальної зміни клімату на території України. *Збірник наукових праць центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України*. 2017. № 1. С. 17–20. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znrcvsvd\\_2013\\_1\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znrcvsvd_2013_1_5).
  28. Лукіма В.В. Проблеми полезахисних лісосмуг в агроландшафтах України в контексті зміни клімату. *Екологічні науки*. 2019. №2(25). С.64–68. DOI: [doi.org/10.32846/2306-9716-2019-2-25-10](https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-2-25-10)
  29. Балюк С.А., Медведєв В.В., Тараріко О.Г. та ін. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. Київ: ТОВ «ВИК ПРИНТ», 2010. 111с.
  30. Стефановська Т. Р., Підліснюк В. В. Оцінка вразливості до змін клімату сільського господарства України. *Екологічна безпека*. 2010. №9. С. 62–66.
  31. Краковська С. В. Та ін. Проекції змін приземної температури повітря за даними ансамблю регіональних кліматичних моделей у регіонах України в XXI столітті. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2016. Вип. 268. С. 33–44.
  32. Тараріко О.Г. Оцінка впливу змін клімату на продуктивність зернових культур та їх прогнозування за супутниковими даними. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 10. С. 10–16.
  33. Вознюк Н.П., Собко З.З. Залежність врожайності сільськогосподарських культур від агрометеорологічних та антропогенних факторів. *Вісник НУВГП. Серія «Сільськогосподарські культури»*. 2016. Вип. 2 (74). С. 38 – 46.
  34. Köppen W. Das geographische System der Klimate. Berlin: Verlag von Gebrüder Bornträger, 1936. 44 s.

## REFERENCES

1. Wilson, L., New, S., Daron, J., Golding, N. (2021). Climate Change Impacts for Ukraine. Met Office [in English].
2. StraumeBalabukh V. A., Malitskaya L. V., Yagodinets S. N., Lavrynenko E. N.(2018). Klimatisko videjo un ekstrema termala rezima raditaju izmaiņu un sagaidamo vertibu prognozes lidz XXI gadsimta vidum Ukraina. *Dabas parvaldiba, 1*, 97–113 [in Ukrainian].
3. Malyska L.V., Balabukh V.O. (2020). Iespejamas izmaiņas Ukrainas klimatiskajos apstākļos lidz XXI gadsimta vidum. *Hidrologija, hidroķimija un hidroekologija, 1(56)*, 94–100. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2020.1.10> [in Ukrainian].
4. Karl E. Taylor, Ronald J. Stouffer, Gerald A. Meehl (2012). Parskats par CMIP5 un eksperimenta planu. *Bulletin of the American Meteorological Society, 93*, 4. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1> [in English].
5. Krakovska S., Gnatiuk N., Shpytal T., Shedemenko I. (2013). Methodology of the best RCMs ensemble selection applied for Ukraine. Proc. of the International Conference on Regional Climate CORDEX (Brussels, Belgium). URL:<http://cordex2013>.

- wcrp-climate.org/posters/P2\_44\_Krakovska.pdf [in English].
6. IPCC, 2007: Climate Change (2007): Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp. [in English].
  7. IPCC, (2013): Climate Change (2013): The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. [in English].
  8. Balabukh V.O. (2017). Ukrainas siltuma rezima mūsdienu izmaiņu novērtējums. *Geoinformatika*, 4, 5–20 [in Ukrainian].
  9. Sytnyk O.I., Trokhymenko T.G. (2016). Agroklīmātisko gadalaiku iezīmes un agroklīmātisko resursu dinamika Čerkasu reģiona XXI gadsimta sākumā. *Zinātniskās piezīmes par Vinnytsia Valsts Pedagoģiskās universitātes nosaukts pēc M.Kotsiubys'kyi. sērija «Ģeografija»*, 28, 226–235 [in Ukrainian].
  10. Malyska L.V., Balabukh V.O. (2020). Iespējamās izmaiņas Ukrainas klīmātikajās apstākļos līdz XXI gadsimta vid., 1 (56), 94–100 [in Ukrainian].
  11. Kostjučenko J. V. (2015). Siltumnīcas efekts un klīmāta pārmaiņas Ukraina: apseks un sekas. *Ukrainian Journal of Remote Sensing of the Earth*, 7, 64–85. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukjdzz\\_2015\\_7\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukjdzz_2015_7_10) [in Ukrainian].
  12. Globālo un reģionālo klīmāta pārmaiņu tendences un iespējamās sekas. URL: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=754> [in Ukrainian].
  13. Ivaniuta S.P., Kolomiets O.O., Malynovska O.A., Yakushenko L.M. (2020). Climate change: consequences and adaptation measures: analytical report. S.P. Ivaniuta rediģētais ziņojums. K.: NISS. 110 pp. [in Ukrainian].
  14. Adamenko, T. (2007). Ukrainas klīmātikās apstākļi un iespējamās klīmāta sasilšanas rezultāti. *Agromēdija*, (1), 8–11 [in Ukrainian].
  15. Feyen L. et al. (2020). Klīmāta pārmaiņu ietekme un pielāgošanās tam Eiropā. JRC PESETA IV nobeiguma ziņojums. EUR 30180EN, Eiropas Savienības Publikāciju birojs, Luksemburģa [in Ukrainian].
  16. Demianenko S., Butko V. Ukrainas lauksaimniecības uzņēmumu pielāgošanas stratēģija globālajam klīmāta pārmaiņām: URL: [http://www.google.com.ua/url?url=http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe](http://www.google.com.ua/url?url=http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe) [in Ukrainian].
  17. Vozhehova R. Lauksaimniecības pielāgošanas stepju zona pieaugoša klīmāta sausuma apstākļiem. URL: <http://unt.org.ua/adaptats-yazemlerobstva-stepovo-zoni-do-umov-p-dvishchennya-posushlivost-kl-matu> [in Ukrainian].
  18. Villet A. (2015) Adaptation to climate change in agriculture of Ukraine [Elektroniskais resurss]. URL: <http://ecoclubua.com/2015/07/adaptatsiya-do-zmin-klimatu-v-s-h/> [in Ukrainian].
  19. Tarariko O.G., Iliencko T.V. (2015). Laika apstākļu ietekmes uz graudu rāzu prognozēšana. *Lauksaimniecība*, 2, 66–72 [in Ukrainian].
  20. Tarariko O.G., Iliencko T.V. (2016). Klīmāta pārmaiņu ietekme uz graudaugu rāzību un bruto rāzu: analīze un prognozes *Ukrainian Geographical Journal*, 1, 14–22. doi: <http://dx.doi.org/10.15407/ugz2016.01.014> [in Ukrainian].
  21. Adamenko T. (2010). Ka sasilšana ietekme graudu tirģu. *Zerno. nr.*, 10(30), 38 – 45 [in Ukrainian].
  22. Ka klīmāta pārmaiņas ietekmes augkopību? Ciltsdarbība un seklkopība: starpdisciplinārs tematisks zinātniskais krājums. Harkova, 2006. gads. 93. izdevums. P. 3 – 9 [in Ukrainian].
  23. Adamenko T.I. Ukrainas teritorijas agroklīmātikais zonejums saistība ar klīmāta pārmaiņām [Elektroniskais resurss]: [http://www.gwp.org/Global/GWP-CEE\\_Files/IDMP-CEE/IDMP-Agroclimatic.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWP-CEE_Files/IDMP-CEE/IDMP-Agroclimatic.pdf) [in Ukrainian].
  24. Tsytsyura Y.G. (2017). Adaptive strategy of agriculture in the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Lauksaimniecība un mūsdienīgi augseks virzieni*, 5, 25–33 [in Ukrainian].
  25. Demianenko S., Butko V. Ukrainas lauksaimniecības uzņēmumu pielāgošanas stratēģija globālajam klīmāta pārmaiņām. URL: [http://www.google.com.ua/url?url=http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe](http://www.google.com.ua/url?url=http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe) [in Ukrainian].
  26. Tsytsyura Y.G., Tsytsyura T.V. (2015). Adaptive potential of selected crops under climate change. URL: [http://pniiaz.ru/d/778105/d/zhurnalno2\(9\)2015.pdf](http://pniiaz.ru/d/778105/d/zhurnalno2(9)2015.pdf) [in Ukrainian].
  27. Borysiuk S. L. (2017). Ukrainas teritorijas iespējamo globālo klīmāta pārmaiņu negatīvās ietekmes samazināšanas virzieni. Ukrainas Nacionālās aizsardzības universitātes *Militāri stratēģisko pētījumu centra zinātniskais rakstu krājums*, 1, 17–20. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpevsd\\_2013\\_1\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpevsd_2013_1_5) [in Ukrainian].
  28. Lukima V.V. (2019). Aizsargjoslu problēmas Ukrainas agroainava klīmāta pārmaiņu kontekstā. *Ekolģijas zinātnes*, 2(25), 64–68. DOI: [doi.org/10.32846/2306-9716-2019-2-25-10](http://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-2-25-10) [in Ukrainian].

29. Balyuk S.A., Medvedev V.V., Tarariko O.G. et al. (2010). Valsts ziņojums par augsnes auglības stavokli Ukrainā. K.: VIK PRINT. 111p. [in Ukrainian].
30. Ukrainas lauksaimniecības neaizsargātības pret klimata pārmaiņām novērtējums. (2010). *Ekoloģiska drošība*, 9, 62–66 [in Ukrainian].
31. S. Krakovska, N. Hnatiuk, T. Shpital, L. Palamarchuk (2016). Piezemes gaisa temperatūras izmaiņu prognozes saskaņā ar regionālo klimata modeļu ansambļa datiem Ukrainas reģionos XXI gadsimta. *Ukrainas Petnieciska hidrometeoroloģiska institūta zinātniskie darbi*, 268, 33–44 [in Ukrainian].
32. Tarariko O.G. (2013). Klimata pārmaiņu ietekmes novērtējums uz graudaugu ražību un tas prognozēšana, izmantojot satelītu datus. *Agraras zinātnes biļetens*, 10, 10–16 [in Ukrainian].
33. N.P. Vozniuk, Z.Z. Sobko (2016). Razas atkarība no agrometeoroloģiskajiem un antropogēnajiem faktoriem. *Nacionālās Lauksaimniecības zinātņu universitātes biļetens. Serija "Crops"*, 2 (74), 38 – 46 [in Ukrainian].
34. Köppen W. (1936). Das geographische System der Klimate. Berlin: Verlag von Gebrüder Bornträger. 44 s.

**Demydenko O.V.**

### ***Productivity of agricultural crops under climate change in the Central Forest Steppe of Ukraine***

**Aim.** The aim of the study is to analyze climatic parameters, moisture reserves and dynamics of productivity of grain crops (winter wheat and corn) depending on the system of adaptation measures (fertilization, tillage) for the period 1913-2022, to determine their classification features according to fractal properties, to identify trends in further changes in agrocenoses of the Central Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** To achieve the goals and objectives, the following methods were used: analysis of scientific and methodological literature on the research topic, collection of information, comparison, generalization, systematization, as well as the use of modern methods of descriptive statistics. **Results.** On the territory of the central part of the Forest-Steppe (1913-2022), there were no periods of deviations of hydrothermal climate conditions towards aridization to the point where they acquired a steppe character. The lower boundary of hydrothermal conditions varied around  $T=+150C$ , and the upper boundary around  $T=+300C$ . A direct correlation ( $R=+0.81-0.85\pm 0.02$ ) was found between the amount of annual precipitation and the lower and upper limits of hydrothermal climate conditions, and the trend of annual precipitation growth was more rapid than the increase in temperature. Precipitation was a compensating factor, which can be regarded as self-regulation of the Forest-Steppe zone's resistance to steppeification. In the age cycle, the climate humidity index reached its highest values in the periods 1981-1990 and 1998-2004, and subsequently, by 2020-2022, the humidity index was decreasing in a downward trend to values close to 100%. The humidity of the climate of the warm season and the period of active vegetation reached its maximum value in the period from 1931 to 1950, and from 1980 to 1990 the humidity index decreased rapidly, reaching values less than 90% in 2020-2022, indicating a deterioration in the conditions of crops' vegetation to excessively harsh compared to previous periods of the age cycle. **Conclusions.** Climate change that has already occurred and continues to occur in the Central Forest-Steppe affects grain yields: increased winter temperatures and precipitation, prolonged frost-free periods, and increased  $CO_2$  concentrations lead to an increase in the area of land suitable for agriculture. In order to ensure sustainable grain production, agricultural producers in the Forest-Steppe of Ukraine should use modern grain varieties adapted to new climatic conditions and agroecological tillage technologies (shallow moldboardless loosening with flat-cutters or flat-cutting, mulching, use of organic mass of post-harvest residues as fertilizer in the fields, etc.

**Key words:** air temperature, precipitation, evaporation, trend, productivity, yield, grain crops.

#### **ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Демиденко О.В.**, доктор сільськогосподарських наук, Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН України»,

e-mail: agrogumys@ukr.net, тел. 0667039409, ORCID: 0000-0002-5334-1115

**Demydenko O.V.**, Doctor of Agriculture of sciences, Cherkasy State Agricultural Research Station of the National Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences

of Ukraine», e-mail: agrogumys@ukr.net, ph. 0667039409, ORCID: 0000-0002-5334-1115

Надійшла 20.01.2023

## ПРОДУКТИВНІСТЬ ГРЕЧКИ В 6-ПІЛЬНИХ СІВОЗМІНАХ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

Я.С. Цимбал, П.І. Бойко, І.В. Мартинюк, Т.Р. Кальчун, Л.П. Якименко

ННЦ «ІЗ НААН» (с.мт Чабани, Україна)

**Мета.** Мета досліджень полягає у встановленні впливу структури, набору та розміщення польових культур у різноротаційних сівозмінах на загальну продуктивність, врожайність і якість гречки зокрема. Дослідження проведено в підзоні нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України на чорноземі типовому малогумусному Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН». **Методи.** Технологія вирощування сільськогосподарських культур у досліді загальноприйнята і рекомендована для зони проведення досліджень. Застосовували хімічні засоби захисту рослин для виробництва конкурентоспроможної товарної продукції гречки. **Результати.** Дослідження, проведені у тривалому стаціонарному польовому досліді, який закладено у 2001 р., з вивчення сівозмін на типових чорноземах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу, переконливо свідчать про те, що впродовж 2016–2020 рр. досліджень найбільш раціональними в цій зоні виявилися 6-пільні сівозміни: соя – пшениця озима – буряки цукрові – ячмінь ярий – кукурудза на зерно – гречка; гречка – пшениця озима – соя – пшениця яра – жито озиме – ячмінь ярий за органо-мінеральної системи інтенсифікації (побічна продукція попередника +  $N_{40}P_{40}K_{40}$  під гречку). **Висновки.** Урожайність гречки, яку вирощували після кукурудзи на зерно та ячменю ярого, як попередників та відповідного набору культур сівозмін, була в межах: 2,05–2,10 т/га водночас вміст сирого протеїну знаходився на рівні – 14,7–15,0%. Економічна ефективність вирощування гречки в структурі 6-пільних сівозмін становить: умовно чистого прибутку – 13,89–14,48 тис. грн/га за високого рівня рентабельності – 130–135%.

**Ключові слова:** культура, добрива, урожайність, сирий протеїн, економічна ефективність, рентабельність, умовно чистий прибуток.

**Вступ.** У сучасних умовах економічної та екологічної кризи ефективно використання земельних ресурсів, оптимізація структури посівних площ зернових та технічних культур в усіх природно-кліматичних зонах з урахуванням специфіки кожного регіону разом з охороною навколишнього середовища є важливим чинником сталого розвитку аграрного виробництва.

Збільшення виробництва рослинницької продукції було і залишається основною проблемою на будь-якому етапі розвитку сільського господарства і на її вирішення націлена науково обґрунтована система землеробства, основною ланкою якої є сівозміна. На сучасному етапі розвитку агропромислового комплексу лише високий рівень культури землеробства є основою виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції.

Одним із шляхів вирішення поставлених завдань є запровадження нових підходів до системи землеробства та сівозмін загалом, де повинні бути розроблені принципи і практичні заходи високопродуктивного, природоошадного та природопокращувального землеробства для майбутніх поколінь. Введення у сівозміни нових малопоширених та забутих перспективних культур, таких як сорго, спельта, нут, сочевиця, просо і особливо гречка дасть можливість зняти алелопатичну напругу (грунтового). Вони істотно впливають на водний, поживний, біологічний режим ґрунту, на швидкість детоксикації шкідливих речовин, які надходять у ґрунт при його сільськогосподарському використанні. Ці культури не лише покращують ґрунтові показники, але й дадуть змогу розширити спектр вирощуваних культур сівозмін, тим самим, на наш погляд, буде зроблений крок вперед.

Гречка одна з найважливіших круп'яних культур, яка є однією незлаковою рослиною у групі зернових культур. Вона відноситься до високоприбуткових культур. Гречана крупа має високі споживчі, смакові та дієтичні якості [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У зерні гречки міститься від 10 до 15% (в середньому 13,1%) білка, 67,8 % вуглеводів, 3,1% олії, 13,1% клітковини, 2,8% золи. Гречка містить багато незамінних амінокислот: аргінін (12,7%), лізин (7,9%), цистин (1%), гістидин (0,59%) та багато інших. За вмістом заліза (1,7%) вона переважає інші круп'яні культури. До складу зерна гречки входять органічні кислоти (лимонна, яблучна, малеїнова, щавлева) та дуже цінні вітаміни, такі як В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, Р (рутин), необхідні для нормальної фізіологічної діяльності людського організму. Цим визначається цінність гречки як лікувально-дієтичного харчового продукту [1–3].

Із зерна гречки виробляють гречане борошно, придатне для виготовлення млинців, галушок, вареників, здавна відомих українських «гречаників», печива, макаронів, деяких сортів шоколаду. Велике значення має гречка для тваринництва. На корм худобі використовують дрібне, щупле зерно «рудяк» та висівки й борошняний пил після переробки зерна. Також на корм використовують гречану полову (в 100 кг її міститься 50 кормових одиниць) і силос із зеленої маси. Гречка – цінна медоносна культура. Так, за даними Інституту бджільництва, 1 га посіву гречки забезпечує 40–60 кг меду, а за сприятливих погодних умов 90–100 кг [1; 4].

Велике агротехнічне значення гречки пов'язане з пізніми строками посіву та скоростиглістю дозрівання, а також вона є страховою культурою. Її використовують для післяукісних і післяжнивних посівів та як сидеральну культуру на зелене добриво. Гречка є добрим попередником для інших культур [5]. Її краще розміщувати у сівозмінах на чистих від бур'янів полях після цукрових буряків, кукурудзи, картоплі та озимих культур. Високі врожаї можна одержувати також при розміщенні після багаторічних трав на насіння. Повертати гречку на попереднє місце вирощування доцільно не раніше як через один рік [6].

Відомо, що гречка дуже знижує врожайність після попередників, які збільшують потенційну забур'яненість, хоча у першій половині вегетації ця культура добре пригнічує сеgetальні рослини. Однак, коли після побуріння зерна гречки ріст її уповільнюється, пізні ярі бур'яни починають інтенсивно вегетувати,

використовуючи ґрунтову вологу і поживу, яких буде недостатньо для формування повноцінного зерна [7].

Тому посіви гречки, а особливо посіви попередників мають бути максимально чистими від сеgetальної рослинності, що, своєю чергою, дасть можливість отримати високий урожай гарної якості. Це досягається за рахунок правильно побудованих сівозмін, які базуються на законах плодозміни.

Ринкові умови ведення землеробства та потреби виробництва вимагають такого розміщення культур у сівозмінах, яке вело б до збільшення продуктивності усіх польових культур і гарантувало екологічну безпеку довкілля [8–10]. Багато вчених переконані, що сівозміни повинні бути динамічними, комбінованими і водночас науково обґрунтованими та інтенсивними [6; 7; 11; 12].

Слід зазначити, що право на освоєння мають сівозміни різної ротації. А яку з них запроваджувати – вирішить сам господар. Головне для останнього усвідомлення потреби в необхідності запровадження і дотримання цього важливого елемента сучасного землеробства, який у жодному разі не стає на заваді ефективності його виробничої діяльності і ведення бізнесу, а навпаки дає можливість зробити його економічно вигідним і екологічно безпечним.

**Мета досліджень** полягає у встановленні впливу органо-мінеральних добрив та попередників на продуктивність і економічну ефективність вирощування гречки в 6-пільних сівозмінах, адаптованих до умов Лівобережного Лісостепу.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження з вивчення впливу попередників та системи удобрення на продуктивність, урожайність і якість отриманої продукції гречки в шестипільних сівозмінах проводили у підзоні нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу на чорноземі типовому малогумусному Панфільській дослідній станції ННЦ «Інститут землеробства НААН» у тривалому польовому стаціонарному досліді впродовж 2016–2020 рр. Ґрунтовий покрив дослідних ділянок – чорнозем типовий малогумусний грубопилувато-легкосуглинковий. Уміст гумусу в орному шарі ґрунту в межах 3,08–3,15%, у підорному – від 2,72 до 2,9%. Ґрунт характеризується високим умістом фосфору – 233–270 мг/кг ґрунту в орному і 227–270 мг/кг – у підорному шарах, високим і середнім умістом рухомого калію (80–100 мг/кг ґрунту). Реакція ґрунтового розчину слабокисла, ступінь насичення вбирного комплексу основами високий (85–99 %).

Повторення досліду триразове. Посівна площа однієї ділянки – 90 м<sup>2</sup> (6x15 м), облікова – 40 м<sup>2</sup> (4x10 м). Розміщення ділянок – рендомізоване.

Технологія вирощування сільськогосподарських культур у досліді загальноприйнята і рекомендована для зони проведення досліджень.

Гречку висівали в 6-пільних сівозмінах після кукурудзи на зерно (соя – пшениця озима – буряки цукрові – ячмінь ярий – кукурудза на зерно – гречка) та після ячменю ярого (гречка – пшениця озима – соя – пшениця яра – жито озиме – ячмінь ярий) за органо-мінеральної системи удобрення (побічна продукція попередника + N<sub>40</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub> на 1 га сівозмінної площі) з внесенням відповідних пестицидів під культуру.

**Результати та їх обговорення.** На основі результатів досліджень у тривалих стаціонарних дослідях зони Лісостепу України розроблені основні принципи побудови різноротаційних (4–8-пільних) сівозмін з урахуванням періодів повернення і нормативів чергування кожної культури. Цим забезпечується науково обґрунтований набір культур, їх співвідношення і розміщення після потрібних попередників, що дає змогу проводити раціональне землекористування, підвищувати родючість ґрунту (запаси вологи, гумусу й інше), покращувати його фітосанітарний стан тощо.

Гречку вирощували в 6-пільних сівозмінах після кукурудзи на зерно та ячменю ярого як попередників. В якості органічних добрив застосовували подрібнену побічну продукцію попередників (стебла кукурудзи та солону ячменю ярого).

За результатами досліджень проведених упродовж 2016–2020 рр. встановлено, що органо-мінеральні добрива та попередники впливали на продуктивність гречки (табл. 1).

Рівень урожайності культури у досліджуваних 6-пільних сівозмінах становив від 2,05 до 2,10 т/га залежно від набору культур сівозмін. У 6-пільній сівозміні з внесенням подрібнених стебел кукурудзи,

як органічного добрива, яку висівали після ячменю ярого, в поєднанні з мінеральними добривами в дозі N<sub>40</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub> кг/га або N<sub>53</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> на 1 га сівозмінної площі врожайність гречки знаходилася на рівні 2,05 т/га з вмістом сирого протеїну 14,7% та олії 3,56%.

Більшу врожайність зерна гречки (2,10 т/га) отримано в 6-пільній сівозміні за 83,3% насиченням зерновими та 16,7% технічними культурами, що на 0,05 т/га більше порівняно з 6-пільною сівозмінною насиченою на 66,7% зерновими та 33,3 % технічними культурами. Вміст сирого протеїну в зерні гречки у цій сівозміні становив 15,0%, олії 3,59% за її вирощування після ячменю ярого, який висівали за попередника жито озиме з внесенням органо-мінеральних добрив в дозі N<sub>47</sub>P<sub>53</sub>K<sub>53</sub> + побічна продукція попередника на 1 га ріллі, що на 0,3% вище за вмістом сирого протеїну, ніж у шестипільній сівозміні насиченій на 66,7% зерновими.

Оцінка ефективності сівозмін – це комплексний захід з урахуванням цілого ряду показників. Для порівняння продуктивності сівозмін враховують показники виробництва зерна та насіння культур, виходу зернових, кормових одиниць та перетравного протеїну [13]. Існують різні підходи до оцінки ефективності сівозмін. Пропонується оцінка продуктивності в грошовому виразі. Світовій практиці відомий спосіб оцінки продуктивності сівозмін, який базується на перерахунку в зернові еквіваленти [14]. Рівень урожайності кожної культури та продуктивність сівозміни загалом, значною мірою залежать від впливу попередників, системи обробітку ґрунту, удобрення та засобів захисту рослин [15].

Продуктивність отриманого зерна гречки, яку вирощували в 6-пільних сівозмінах із різним насиченням зерновими культурами впродовж 2016–2020 рр., відзначилася достатньо високими показниками та забезпечила збір з 1 га ріллі: кормових

**Таблиця 1 . Урожайність та якість гречки в 6-пільних сівозмінах за органо-мінеральної системи удобрення, середнє за 2016–2020 рр.**

Попередник	Доза добрив під культуру	Урожайність, т/га	Сирий протеїн, %	Вміст олії, %
<b>6-пільні сівозміни</b>				
Кукурудза на зерно	побічна продукція попередника + N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	2,05	14,7	3,56
Ячмінь ярий	побічна продукція попередника + N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	2,10	15,0	3,59
НІР <sub>05</sub>		0,24		

Таблиця 2 . Продуктивність гречки в 6-пільних сівозмiнах за органо-мiнеральної системи удобрення, середнє за 2016–2020 рр.

Попередник	Доза добрив під культуру	Збір з 1 га ріллі, т		
		кормових одиниць	зернових одиниць	перетравного протеїну
<b>6-пільні сівозмiни</b>				
Кукурудза на зерно	побiчна продукцiя попередника + N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	1,44	2,87	0,23
Ячмiнь ярий	побiчна продукцiя попередника + N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	1,47	2,94	0,23

одиниць – 1,44–1,47 т, зернових одиниць – 2,87–2,94 т, перетравного протеїну – 0,23 т (табл. 2).

Слід зазначити, що 6-пільна сівозмiна на 83,3% насичена зерновими та 16,7% технічними культурами мала дещо вищі показники за збором з 1 га сівозмiнної площі кормових і зернових одиниць та перетравного протеїну, де ці показники становили: 1,47 т кормових одиниць, 2,94 т зернових одиниць та 0,23 т перетравного протеїну, що на 0,03 т кормових одиниць та на 0,07 т зернових одиниць вище порівняно із 6-пільною сівозмiною насиченою на 66,7% зерновими та 33,3 % технічними культурами.

Повна економічна оцінка різноротаційних сівозмiн можлива лише за умови порівняння складу та виходу продукції сільськогосподарських культур з одиниці земельної площі. Слід враховувати, що підвищення загальної ефективності сівозмiн передусім досягається за рахунок їх насичення найпродуктивнішими і високоліквідними культурами за оптимальних, науково обґрунтованих параметрів [16].

Визначення економічної ефективності функціонування сівозмiн проведено на основі складання агротехнічних карт із урахуванням витрат на обробіток ґрунту, оплату праці, вартості добрив, насіння, засобів захисту і одержаної продукції. Розрахунки проведено за закупівельними цінами на сільськогосподарську

продукцію, що склалися у 2020 р. Згідно з розрахунками економічної ефективності гречка є однією з досить прибуткових і високо-рентабельних культур у системі сівозмiн.

Економічний аналіз вирощування гречки в 6-пільних сівозмiнах показав залежність від попередника, перед попередника та удобрення, де умовно чистий прибуток, в середньому за п'ять років досліджень, був на рівні 13,89–14,48 тис. грн/га, за рентабельності 130–135% (табл. 3).

Найприбутковішим виявилось вирощування гречки в 6-пільній сівозмiні з насиченням на 83,3% зерновими та 16,7% технічними культурами за попередника ячмiнь ярий та перед попередника жито озиме, де умовно чистий прибуток становив 14,48 тис. грн/га з рівнем рентабельності 135%, при цьому витрати становили 10,73 тис. грн. Вирощування культури в цій сівозмiні збільшувало прибуток на 0,59 тис. грн/га порівняно до 6-пільної сівозмiни з насиченням на 66,7% зерновими та 33,3 % технічними культурами за попередника кукурудза на зерно та перед попередника ячмiнь ярий, де умовно чистий прибуток був на рівні 13,89 тис. грн/га за рентабельності 130 %. Вартість валової продукції в даній досліджуваній сівозмiні становила 24,60 тис. грн при загальних витратах на вирощування гречки 10,71 тис. грн.

Таблиця 3 . Показники економічної ефективності вирощування гречки в 6-пільних сівозмiнах за органо-мiнеральної системи удобрення, середнє за 2016–2020 рр.

Попередник	Усього витрат, тис. грн	Вартість валової продукції, тис. грн	Собівартість 1 т урожаю, тис. грн	Прибуток, тис. грн/га	Рентабельність, %
<b>6-пільні сівозмiни (побiчна продукцiя попередника + N<sub>40</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>)</b>					
Кукурудза на зерно	10,71	24,60	5,22	13,89	130
Ячмiнь ярий	10,73	25,20	5,11	14,48	135

**ВИСНОВКИ**

Встановлено, що у підзоні нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України на чорноземах типових, гречка, яку вирощували в 6-пільних сівозмінах після кукурудзи на зерно та ячменю ярого з насиченням культурою на 16,7% за органо-мінеральної системи удобрення забезпечила високі показники врожайності, якості отриманої продукції та економічної ефективності.

Урожайність зерна гречки в досліджуваних сівозмінах була на рівні 2,05–2,10 т/га. Найвищу врожайність гречки (2,10 т/га) отримано у 6-пільній сівозміні з насиченням на 83,3% зерновими та 16,7% технічними культурами.

Вміст сирого протеїну в отриманій продукції за вирощування гречки в 6-пільних сівозмінах знаходився на рівні 14,7–15,0%, це свідчить про значну ефективність сівозмінного фактора, що видно з достатньо високого вмісту олії (3,56–3,59%).

Виявлено, що 6-пільна сівозміна на 83,3% насичена зерновими та на 16,7% технічними культурами забезпечила збір з 1 га ріллі: 1,47 т кормових одиниць та 2,94 т зернових одиниць, де попередником гречки був ячмінь ярий, що на 2,4% вище порівняно із 6-пільною сівозміною на 66,7% насиченою зерновими та на 33,3% технічними культурами за попередника кукурудза на зерно.

Установлено, що вирощування гречки в 6-пільних сівозмінах формувалося з достатньо високими загальними витратами, які становили: 10,71–10,73 тис. грн на 1 га сівозмінної площі. Собівартість 1 т урожаю при цьому була на рівні від 5,11 до 5,22 тис. грн.

Найприбутковішим виявилось вирощування гречки в 6-пільній сівозміні з насиченням на 83,3% зерновими та на 16,7% технічними культурами за попередника ячмінь ярий, де умовно чистий прибуток становив 14,48 тис. грн/га з рівнем рентабельності 135%.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво. Київ: «Аграрна освіта», 2003. 592 с.
2. Квасніцька Л.С., Тимошук Т.М. Продуктивність гречки у короткоротаційних сівозмінах Правобережного Лісостепу. *Наукові горизонти*. 2018. № 7–8 (70). С. 83–90.
3. Студентська бібліотека Букліб. 2.1.4.4. Гречка. URL: buklib.net.
4. Іванишин В.В., Шувар І.А., Центило Л.В. та ін. Вирощування гречки у проміжних посівах. *Агробізнес сьогодні*. 2016. № 11 (330). С. 44–46.
5. Карпенко В.П., Полторецький С.П., Патица В.П. та ін. Біологізована технологія вирощування гречки: рекомендації виробництву. Умань: «Віза-ві», 2016. 16 с.
6. Сівозміни у землеробстві України / за ред. В.Ф. Сайка, П. І. Бойка. Київ: Аграрна наука, 2002. 147 с.
7. Мартинюк І.В., Бойко П.І., Цимбал Я.С. та ін. Методичні рекомендації щодо оптимального набору, співвідношення та розміщення сільськогосподарських культур у різноротаційних сівозмінах Лісостепу України. Чабани / Вінниця: ТОВ ТВОРИ, 2020. 29 с.
8. Демиденко О.В., Шаповал І.С., Тонха О.Л. та ін. Гумусний стан чорнозему типового за різних способів обробки в агроценозах Лівобережного Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 4. С. 58–62.
9. Цвей Я.П. Формування родючості ґрунту в короткоротаційних сівозмінах Лісостепу. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство»*. Київ: ВП «Едельвейс». 2015. Вип. 1. С. 56–59.
10. Kaminsky V.F., Boyko P.I. Strategy of development and implementation of crop rotations in Ukraine (part 1). *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. Київ: ВП «Едельвейс». 2014. Вип. 3. С. 3–9.
11. Єщенко В.О. Роль сівозмін у сучасному землеробстві. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство»*. Київ: ВП «Едельвейс». 2015. Вип. 1. С. 23–27.
12. Цимбал Я.С., Бойко П.І., Мартинюк І.В., Кудря С.О. Продуктивність пшениці озимої в короткоротаційній сівозміні Лівобережного Лісостепу на різних рівнях інтенсифікації. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. Вінниця: ТОВ ТВОРИ, 2020. Вип. 1–2. С. 32–41.
13. Шувар І. А. Наукові основи сівозмін інтенсивно-екологічного землеробства. Львів: Каменярь, 1998. 224 с.
14. Rinaldi M., Vonella A., Santamaria P., Ventrella D., Rizzo V. Growth analysis of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in two-year rotations. *Ann. Ist. sper. agron.* 1992. 23. S.58.
15. Naruna S. I., & Nkongolo N. V. Tillage, cover crop and crop rotation effects on selected soil chemical properties. *Sustainability*. 2019. 11(10). P. 2770. Doi: <https://doi.org/10.3390/su11102770>.
16. Бойко П. І., Коваленко Н. П. Проблеми екологічно врівноважених сівозмін. *Вісник аграрної науки*. 2003. 8. С. 9–13.

## REFERENCES

- Zinchenko O.I., Salatenko V.N., Bilonozhko M.A. (2003). *Roslynnystvo. [Plant growing]*. Kyiv: «Ahrarna osvita» [in Ukrainian].
- Kvasnitska L.S., Tymoshchuk T.M. (2018). Produktivnist hrechky u korotkorotatsiinykh sivozminakh pravoberezhnoho Lisostepu [Buckwheat productivity in short-rotation crop rotations of the Right Bank Forest Steppe]. *Naukovi horyzonty – Scientific horizons*. 7–8 (70), 83–90 [in Ukrainian].
- Studentska biblioteka Buklib. 2.1.4.4. Hrechka. URL: buklib.net [in Ukrainian].
- Ivanyshyn V.V., Shuvar I.A., Tsentylo L.V. ta in. (2016). Vyroshchuvannya hrechky u promizhnykh posivakh [Growing buckwheat in intercropping]. *Ahrobiznes sohodni – Agribusiness today*, 11 (330), 44–46 [in Ukrainian].
- Karpenko V.P., Poltoretskyi S.P., Patyka V.P. ta in. (2016). *Biologizovana tekhnolohiia vyroshchuvannya hrechky: rekomendatsii vyrobnytstvu [Biologized technology of growing buckwheat: recommendations for production]*. Uman: «Vizavi» [in Ukrainian].
- Saiko V.F., Boiko P.I. ta in. (2002). *Sivozminy u zemlerobstvi Ukrainy [Crop rotations in agriculture of Ukraine]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
- Martyniuk I.V., Boiko P.I., Tsymbal Ya.S. ta in. (2020). *Metodychni rekomendatsii shchodo optymalnogo naboru, spivvidnoshennia ta rozmishchennia silskohospodarskykh kultur u riznorotatsiinykh sivozminakh Lisostepu Ukrainy [Methodological recommendations on the optimal selection, ratio and placement of agricultural crops in different rotations of the Forest-Steppe of Ukraine]*. Chabany / Vinnytsia: TOV TVORY [in Ukrainian].
- Demydenko O.V., Shapoval I.S., Tonkha O.L. ta in. (2014). Humusnyi stan chornozemu typovoho za riznykh sposobiv obrobittu v ahrotsenozakh Livoberezhnoho Lisostepu [The humus state of typical chernozem under different cultivation methods in the agrocenoses of the Left Bank Forest Steppe]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 4, 58–62 [in Ukrainian].
- Tsvei Ya.P. (2015). Formuvannya rodiuchosti hruntu v korotkorotatsiinykh sivozminakh Lisostepu [Formation of soil fertility in short-rotational crop rotations of the Forest Steppe]. *Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk «Zemlerobstvo» – Interdepartmental thematic scientific collection “Agriculture”*, 1, 56–59 [in Ukrainian].
- Kaminsky V.F., Boyko P.I. (2014). Strategy of development and implementation of crop rotations in Ukraine (part 1). *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN» – Collection of scientific works of NSC “Institute of Agriculture NAAS”*, 3, 3–9 [in Ukrainian].
- Yeshchenko V.O. (2015). Rol sivozmin u suchasnomu zemlerobstvi [The role of crop rotation in modern agriculture]. *Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk «Zemlerobstvo» – Interdepartmental thematic scientific collection “Agriculture”*, 1, 23–27 [in Ukrainian].
- Tsymbal Ya.S., Boiko P.I., Martyniuk I.V., Kudria S.O. (2020). Produktivnist pshenytsi ozymoi v korotkorotatsiinii sivozmini Livoberezhnoho Lisostepu na riznykh rivniakh intensyfikatsii [Productivity of winter wheat in short-rotation crop rotation of the Left Bank Forest Steppe at different levels of intensification]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN» – Collection of scientific works of the National Research Center “Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences”*, 1–2, 32–41 [in Ukrainian].
- Shuvar I.A. (1998). *Naukovi osnovy sivozmin intensyvno-ekolohichnoho zemlerobstva [Scientific basis of crop rotation of intensive ecological agriculture]*. Lviv: Kameniar [in Ukrainian].
- Rinaldi M., Vonella A., Santamaria P., Ventrella D., Rizzo V. (1992). Growth analysis of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in two-year rotations. *Ann. Ist. sper. agron.*, 23, 58 [in English].
- Haruna S. I., & Nkongolo N. V. (2019). Tillage, cover crop and crop rotation effects on selected soil chemical properties. *Sustainability*, 11(10), 2770. <https://doi.org/10.3390/su11102770> [in English].
- Boiko P.I., Kovalenko N.P. (2003). Problemy ekolohichno vrinovazhenykh sivozmin [Problems of ecologically balanced crop rotation]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 8, 9–13 [in Ukrainian].

**Tsymbal Ya.S., Boiko P.I., Martyniuk I.V., Kalchun T.R., Yakymenko L.P.**

***Productivity of buckwheat in 6-field crop rotations in the conditions of the Left Bank Forest Steppe***

**Aim.** *The purpose of the study is carried out in the established structure of influence, recruitment and placement of field crops in various crop rotations on overall productivity, yield and quality of buckwheat in particular. The study was carried out in the subzone of unstable moistening of Left Bank Forest-Steppe of Ukraine on typical*

*low-humus Panfilska chernozem research station of the NSC «IZ NAAN».* **Methods.** Growing technology of agricultural crops in experiments is generally accepted and recommended for the research area. Chemical means of protection were used plants for the production of competitive marketable buckwheat products. **Results.** Studies conducted in a long-term inpatient setting field research, which was established in 2001, on the study of crop rotations on typical ones chernozems of unstable moistening of the Left Bank Forest Steppe, convincingly testify to the fact that during 2016–2020 the research is the most 6-field crop rotations are rational in this zone: soybeans – winter wheat. – sugar beets – spring barley – corn for grains – buckwheat; buckwheat – winter wheat – soybean – spring wheat – winter rye – spring barley for organic of the mineral intensification system (by-products of the precursor +  $N_{40}P_{40}K_{40}$  for buckwheat). **Conclusions.** Buckwheat yield, which was grown after corn for grain and spring barley as precursors and corresponding set crop rotation, was in the range of: 2.05–2.10 t/ha, while the content of raw protein was contained at the level of 14.7–15.0%. Economic efficiency growing buckwheat in the structure of 6-field crop rotation becomes: conditionally net income – 13.89–14.48 thousand hryvnias/ha for a high level profitability – 130–135%.

**Key words:** culture, fertilizers, productivity, crude protein, economic efficiency, profitability, conditionally net profit.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Цимбал Я.С.**, кандидат сільськогосподарських наук, завідувач відділу сівозмін і землеробства на меліорованих землях, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: tsimbal.ya@gmail.com, тел. 097-724-53-30, ORCID: 0000-0002-0414-885X

**Бойко П.І.**, доктор сільськогосподарських наук, професор, головний науковий співробітник, відділ сівозмін і землеробства на меліорованих землях, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: iznaan@ukr.net, тел. 050-184-92-60, ORCID: 0000-0001-7064-3958

**Мартинюк І.В.**, доктор сільськогосподарських наук, головний науковий співробітник, відділ сівозмін і землеробства на меліорованих землях, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: martynuk.ivan.v@gmail.com, тел. 097-838-88-19, ORCID: 0000-0002-9291-7670

**Tsybal Ya.S.**, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Crop Change and Agriculture on Reclaimed Lands, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: tsimbal.ya@gmail.com, ph. 097-724-53-30, ORCID: h0000-0002-0414-885X

**Boiko P.I.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, the Department of Crop Change and Agriculture on Reclaimed Lands, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: iznaan@ukr.net, ph. 050-184-92-60, ORCID: 0000-0001-7064-3958

**Martyniuk I.V.**, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, the Department of Crop Change and Agriculture on Reclaimed Lands, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: martynuk.ivan.v@gmail.com, ph. 097-838-88-19, ORCID: 0000-0002-9291-7670

**Бакумова М.В.**, провідний інженер, відділ сівозмін і землеробства на меліорованих землях, ННЦ «Інститут землеробства НААН», тел. 066-758-89-34, ORCID: 0000-0002-6707-0594

**Якименко Л.П.**, науковий співробітник, відділ сівозмін і землеробства на меліорованих землях, ННЦ «Інститут землеробства НААН», тел. 095-617-31-78, ORCID: 0000-0003-2761-0039

**Bakumova M.V.**, Senior Engineer, the Department of Crop Change and Agriculture on Reclaimed Lands, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», ph. 066-758-89-34, ORCID: 0000-0002-6707-0594

**Yakymenko L.P.**, researcher at the Department of Crop Change and Agriculture on Reclaimed Lands, the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», ph. 095-617-31-78, ORCID: 0000-0003-2761-0039

**Yakymenko L.P.**, researcher at the Department of Crop Change and Agriculture on Reclaimed Lands, the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», ph. 095-617-31-78, ORCID: 0000-0003-2761-0039

Надійшла 27.02.2023

**ОСОБЛИВОСТІ КОНКУРЕНТНИХ ВІДНОСИН МІЖ РОСЛИНАМИ  
ТА БУР'ЯНАМИ АГРОФІТОЦЕНОЗУ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ****П.С. Заяць, Ф.Й. Брухаль, Б.В. Остап'юк***ННЦ «ІЗ НААН» (сmt Чабани, Україна)*

**Мета.** Встановити рівень шкодочинності сегетальної рослинності у посівах пшениці озимої за різних способів основного обробітку ґрунту та доз і строків внесення гербіцидів за рахунок їх особливостей формування конкурентних відносин культурних рослин і бур'янів в агроценозі і роздільно. **Методи.** Дослідження проведені протягом 2014–2016 рр. у стаціонарному польовому досліді на сірому лісовому крупнопилуватому легкосуглинкового ґрунту з вмістом гумусу в шарі 0–30 см на рівні 1,19%, азоту що легко гідролізується – 51 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору – 75 мг/кг ґрунту, обмінного калію – 78 мг/кг ґрунту, рН – 5,5 в зерно-просапній ланці сівозміни: соя (сорт Легенда), пшениця озима (сорт Артеміда), на фоні двох способів основного обробітку (полицевий, безполіцевий на глибину 20–22 см), строки внесення гербіциду (д.р. просульфурон 750 г/кг (осінь, весна), дози гербіциду (мінімальна, максимально рекомендована) та контроль (без гербіциду). **Результати.** Конкурентний тиск бур'янів у посіві пшениці озимої за обох способів основного обробітку ґрунту був мінімальний і становив 6,9–13,2%, тиск культури на бур'яновий ценоз був високий – 81,5–84,8%. Максимальне значення цього показника встановлено за внесення гербіциду д.р. просульфурон 750 г/кг (20 г/га) у фазі у 1–3 листки пшениці озимої. За внесення цього гербіциду у дозі 15 г/га у фазі 1–3 листки культури цей показник був найвищий і становив 2,8–2,9%, що було зумовлено меншим гербіцидним стресом на культуру. **Висновки.** Дослідженнями встановлено, що рівень забур'яненості в посівах залежить від біологічних особливостей культур ланки сівозміни і умов за яких їх вирощують. Це дає можливість рекомендувати використання особливостей цієї культури ценотично впливати на бур'яни за допомогою гербіцидного захисту, що зменшує їх шкодочинність у посівах.

**Ключові слова:** агроценоз, сегетальна рослинність, оранка, безполіцевий обробіток, конкурентоспроможність, шкодочинність.

**Вступ.** У посівах сільськогосподарських культур існують конкурентні відносини культурних рослин та бур'янів за життєвий простір і ресурси навколишнього середовища. Активно також відбувається конкуренція в агроценозах за світло, яка пришвидшує ріст рослин [1–3].

Наші дослідження показали, що під покривом культурних рослин знижується рівень освітленості та вологозабезпеченості бур'янових рослин, що призводить до відмирання більшості слаборозвинених рослин однорічних видів бур'янів, тоді як інші стають менш життєздатними та втрачають здатність до формування генеративних органів. Натомість, на ділянках без покривної культури, відмічається активний ріст та розвиток бур'янових рослин, які практично у всіх випадках утворюють життєздатне насіння. Рівень конкурентоздатності у боротьбі за

життєвий простір та забезпеченість основними факторами життя рослин: волога, поживні речовини, сонячна енергію, безпосередньо залежить від біологічних особливостей культури. За рахунок формування щільного стеблостою, культурні рослини мають змогу затінювати, пригнічувати та витіснити з агрофітоценозів сегетальну рослинність.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сільськогосподарські культури за своїми біологічними особливостями, у конкурентних взаємовідносинах з сегетальної рослинністю вирізняються між собою різним рівнем конкурентоспроможності по відношенню до останніх. Так, згідно даних Н. Е. Вороб'єва [4], за умови дотримання агротехнічних вимог вирощування пшениці озимої, формуються посіви які здатні пригнічувати розвиток бур'янових рослин на 95–98 %.

Слід відмітити, що міжвидова конкуренція в агроценозах у кожному окремому випадку відбувається за різних абіотичних факторів життя. Зокрема у посівах зернових культур, де найбільшого поширення у складі бур'янового угруповання набула гірчиця польова (*Sinapis arvensis* L.) – конкуренція відбувається за азот, тоді коли за домінування у посівах редьки дикої (*Raphanus raphanistrum* L.) – ключовим фактором є світло. У посівах ячменю ярого посилюється конкурентна боротьба за поживні речовини та доступну вологу в ґрунті з гірчаком шорстким (*Polygonum scabrum* Moench.). Найменшою конкурентоздатністю за життєві ресурси із бур'яною рослинністю вирізняються ярі культури пізніх строків сівби (бурак цукровий, соняшник, кукурудза та ін.).

Негативний вплив сегетальної рослинності у посівах сільськогосподарських культур визначається за рівнем їхньої шкодочинності, тобто характерною властивістю бур'янових угруповань пригнічувати процеси росту і розвитку культурних рослин і, як наслідок, сприяти зниженню рівня врожайності та якості рослинницької продукції. Рівень шкодочинності бур'янових видів рослин у першу чергу залежить від їхніх біологічних особливостей, здатності швидко заповнювати життєвий простір, культури ведення землеробства, ґрунтових та погодних умов зони вирощування тощо [5–7].

Створення оптимальних умов вирощування сільськогосподарських культур, сприяє формуванню добре розвиненої надземної маси, повного їх домінування у агроценозах та ефективного стримуванню росту і розвитку небажаної у посівах сегетальної рослинності упродовж всього вегетаційного періоду. Разом з цим, підвищується едифікуюча роль культурних рослин в агроценозах, їхня конкурентоздатність у боротьбі за основні життєві фактори. Проте рівень конкурентоспроможності та спроможність протидіяти масовому поширенню бур'янової рослинності у різних культур не однакові, залежать від їхніх біологічних особливостей [8–11].

Найбільшою фітоценотичною активністю, здатністю успішно конкурувати з бур'янами за основні життєві ресурси, пригнічувати їхній ріст та розвиток є такі культури, які вирізняються швидкими темпами росту і на початкових етапах розвитку та формують значну надземну масу порівняно з бур'яною рослинністю. Тому, на прикладі посівів сої, бураку цукрового, кукурудзи, культур, які характеризуються слабкою конкурентною здатністю на початкових

етапах росту і розвитку, окремо взята бур'янова синузія може призвести до більшого зниження рівня урожайності зазначених культур, порівняно ніж агроценозів ячменю, пшениці або соняшнику [12–14].

**Матеріали та методи досліджень.** Польові дослідження проводили в 2014–2016 рр. у ННЦ «ІЗ НААН», в стаціонарному досліді що, був закладений в 1969 р., який розташований у північній частині лісостепової зони України. Ґрунт дослідного поля – сірий лісовий крупнопилуватий легкосуглинковий з вмістом гумусу в шарі 0–30 см на рівні 1,19%, азоту, що легко гідролізується – 51 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору – 75 мг/кг ґрунту, обмінного калію – 78 мг/кг ґрунту, слабокислий рН – 5,5. Гранулометричний склад характеризується вмістом фракцій: 27,1% фізичного піску, 60,0% крупного пилу, мулу – 12,9%.

Об'єкт дослідження: пшениця озима сорт Артеміда.

Для виконання поставленої в роботі мети, впродовж 2014–2016 рр. проводили дослідження по вивченню впливу способів основного обробітку ґрунту на глибину 20–22 см: оранка (контроль), плоскорізне розпушування та різних доз і строків внесення гербіциду (д.р. просульфурон). Дослідження проводились у стаціонарному досліді на двох фонах основного обробітку. Повторність досліді трикратна, посівна площа 100 м<sup>2</sup>, облікова ділянка 10 м<sup>2</sup>.

Агротехніка вирощування культур ланки сівозміни загальноприйнята для зони Лісостепу. Статистичну обробку даних проводили за методиками дисперсійного аналізу з використанням пакета комп'ютерних програм статистичного аналізу AGROS 2.13.

- ступінь пригнічення бур'янів культурою визначали за співвідношенням надземної біологічної маси культури і бур'янів за методикою П.М. Лазаускаса [15];
- едифікаторну роль культури визначали за польовими модельними майданчиками (0,25 м<sup>2</sup>) за схемою: 1 – культура без бур'янів (контроль), 2 – культура з бур'янами, 3 – бур'яни без культури [7];
- конкурентний тиск бур'янів на культурні рослини за індексом конкурентоспроможності, що розраховується за формулою:  $IK = (УЧП - УЗП) / УЧП * 100$ , де ІК – індекс конкурентоздатності, %; УЧП – урожай чистого посіву, г/м<sup>2</sup>; УЗП – урожай забур'яненого посіву, г/м<sup>2</sup> [16].

Роки дослідження за гідротермічними умовами періоду вегетації культур ланки сівозміни можна

охарактеризувати так: 2014 р. (ГТК – 1,1) – волого, 2015 р. (ГТК – 0,4) – сухо, 2016 р. (ГТК – 0,8) – посушливо.

**Результати та їх обговорення.** У результаті спостережень виявлено, що забур'яненість посівів у роки проведення досліджень була різною. Найбільшу кількість бур'янів у посівах пшениці озимої (119 шт./м<sup>2</sup>) було зафіксовано у 2014 р., що було викликано підвищеною кількістю опадів, коли в осінньо-весняний період випало 595 мм, що на 41,7 % більше середньо-багаторічної норми. Тоді як у 2015 і 2016 рр. у цей період вегетації культури спостерігався дефіцит опадів, що сягав 51,9 і 18,1 % до норми відповідно, тому забур'яненість у посіві пшениці озимої виявилась значно нижчою порівняно до 2014 р.

У структурі бур'янового ценозу впродовж трьох років досліджень домінували ранні ярі бур'яни – лобода біла (*Chenopodium album* L.), мишій зелений (*Setaria viridis* L.), гірчак почечуйний (*Polygonum persicaria* L.), курячі очки польові (*Anagallis arvensis* L.), зірочник середній (*Stellaria media* L.) та ін. Із зимуючих були присутні кучерявець Софії (*Descurainia Sophia Schur.*), фіалка польова (*Viola arvensis* Murr.), волошка синя (*Centaurea cyans* L.), триреберник непахучий (*Matricaria inodora* L.), грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris* L.) та метлюг звичайний (*Apera spicaventi* L.) та ін. Серед багаторічних видів поодиноким зустрічався осот рожевий (*Cirsium arvense* L.) (табл. 1).

Упродовж 2014–2016 рр. найвища забур'яненість наприкінці вегетації пшениці озимої була за безполіцевого обробітку, рівень якої на 61,4 шт./м<sup>2</sup> перевищував показник по фону оранки.

Обліки свідчать, що в сегетальному угрупованні посівів пшениці озимої кількість цих видів становила 44–51 % від загальної чисельності бур'янів. Найчисленнішими у цій групі були грицики

звичайні (*Capsella bursa-pastoris* L.), злинка канадська (*Erigeron canadensis* L.) і фіалка польова (*Viola arvensis* Murr.), яка відрізнялася підвищеною стійкістю до гербіциду д. р. просульфурон 750 г/кг.

У результаті досліджень встановлено, що рясність бур'янів і їх видовий склад у посіві пшениці озимої, значний вплив мав спосіб основного обробітку ґрунту. Так, за оранки кількість бур'янів становила 65 шт./м<sup>2</sup>, що в 1,9 разів менше, ніж на фоні плоскорізного розпушення. Як свідчать результати обліків, у сегетальному угрупованні посіві пшениці озимої за оранки домінували зимуючі види – 51 %, то за плоскорізного розпушення – ярі види бур'янів (53 %). Частка багаторічних видів за обох способів основного обробітку була однаковою і сягала 3 % (рисунк).

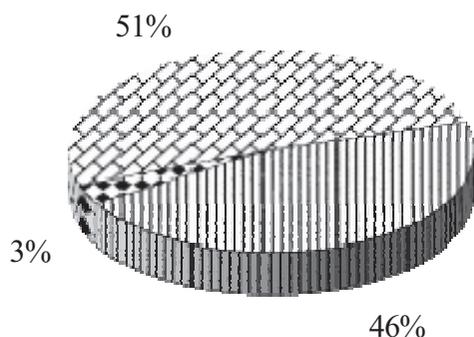
У результаті проведених спостережень виявлено, що впродовж весняно-літнього періоду культури і до її збирання кількість та маса бур'янів на всіх варіантах сумісного росту, порівняно з ділянками без культурних рослин, зменшується. Бур'яни під покривом культури розвивались слабо або відмирили у результаті погіршення вологозабезпеченості та нестачі світла.

Аналіз отриманих результатів з вивчення взаємовпливу культурних рослин і бур'янів на формування їх маси показав, що способи основного обробітку ґрунту по різному реагують на інтенсивність росту культурних рослин та їх здатність конкурувати з бур'янами. Так, в агроценозі пшениці озимої на фоні оранки бур'яни формують значно меншу масу, ніж за плоскорізного розпушення. За сумісного росту культури і бур'янів на фоні поліцевого обробітку маса останніх у посівах пшениці озимої зменшується на 81,5–89,5 %, тоді як на фоні плоскорізного розпушення вона зменшується на 84,7–90 % (табл. 2).

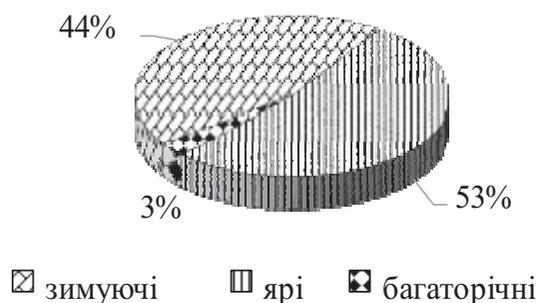
**Таблиця 1. Фітосанітарний стан пшениці у сівозмінах різної ротації (Панфільська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН» 2008–2014 рр.)**

Сівозміна (насиченість сівозмін зерновими колосовими культурами, %)	Патогенні гриби (факультативні паразити) у ґрунті, %	Поширеність корневих гнилей, %	Заселеність хлібним пильщиком, %
П'ятипільна (40)	22,1	22,0	0,9
Чотирипільна (50)	31,4	22,4	0,8
Чотирипільна (75)	<b>47,9</b>	<b>31,1</b>	<b>2,8</b>
Трипільна (33,3)	26,7	26,1	1,5
Трипільна (66,7)	<b>59,1</b>	<b>38,3</b>	<b>2,1</b>
Двопільна (50)	<b>55,3</b>	26,1	1,8

оранка на 20-22 см  
(контроль)



плоскорізне розпушення на  
20-22 см



☒ зимуючі    ☐ ярі    ☑ багаторічні

*Структура бур'янового угруповання в посівах пшениці озимої за різних способів основного обробітку ґрунту (середнє за 2014–2016 рр.)*

Встановлено, що фітоценотична стійкість пшениці озимої проти бур'янів, залежно від способів основного обробітку ґрунту, була різною. Так, наростання біомаси сеgetальної рослинності, порівняно з контролем без культурних рослин знижувалась на 81,5–90,0%. Слід відмітити, що ценотичні відносини в агроценозах за внесення гербіцидів посилювались. За таких умов, культурні рослини формували

травостій оптимальної щільності, що сприяло підвищенню конкурентного тиску культури на бур'яновий ценоз.

В агроценозі пшениці озимої на варіанті без гербіциду (контроль) бур'яни формували масу, яка у 14,0–24,5 раза була більшою, порівняно з гербіцидними варіантами. Починаючи від відновлення активної вегетації до початку фази трубкування навесні

**Таблиця 2. Формування конкурентних відносин між рослинами пшениці озимої та бур'янами під впливом способів основного обробітку і гербіциду д. р. просульфурон 750 г/кг (середнє за 2014–2016 рр.)**

Варіанти			Повітряно-суха маса, г/м <sup>2</sup>				Співвідношення маси культури до бур'янів	Конкурентний тиск			
			культури		бур'янів			культури		бур'янів	
Спосіб основного обробітку ґрунту	Строк внесення гербіциду	Доза гербіциду г/га	маса культури без впливу бур'янів	за сумісного росту культури і бур'янів	за сумісного росту культури і бур'янів	без впливу культури	зниження маси культури, г/м <sup>2</sup>	зниження маси культури %	зниження маси бур'янів, г/м <sup>2</sup>	зниження маси бур'янів %	
Оранка (контроль), 20-22 см	Без гербіциду (контроль)	0	1250	1180	89	480	13,2	70	3,1	391	81,5
	ВВСН 11-13	15	1180	1120	18	125	62,2	60	2,8	107	85,6
		20	1135	1050	10	95	105	85	4	85	89,5
	ВВСН 21-23	15	1250	1170	28	155	41,8	80	3,6	127	81,9
20		1280	1190	22	130	54,1	90	3,9	108	83,1	
Плоскорізнний обробіток, 20-22 см	Без гербіциду (контроль)	0	1140	960	140	920	6,9	180	8,4	780	84,8
	ВВСН 11-13	15	1200	1120	32	230	35	80	3,6	198	86,1
		20	1285	1180	16	160	73,7	105	4,6	144	90
	ВВСН 21-23	15	1260	1160	40	260	29	100	4,4	220	84,6
20		1230	1180	35	230	33,7	50	2,3	195	84,8	

**Примітки.** ВВСН 11–13 – стадія 1–3 листки у культури, ВВСН 21–23 – весняне кушення.

у посівах пшениці озимої формувалася щільний стеблостій із висотою культурних рослин 83,2–92,6 см, який значно підвищував її конкурентоспроможність до бур'янів.

Значення показників, інтенсивності наростання вегетативної маси, отриманих за сумісного та роздільного росту культури і бур'янового ценозу, дають змогу оцінити конкурентні взаємовідносини між ними.

У середньому за три роки досліджень, вегетативна маса пшениці озимої як на вільних від бур'янів ділянках, так і на варіантах сумісного росту з бур'янами була найбільшою за оранки на 20–22 см. За умов застосування гербіциду маса культури щодо бур'янів зростає, що свідчить про підвищення конкурентного тиску рослин пшениці озимої бур'янів.

Вегетативна маса бур'янів, що росли без впливу культури, за плоскорізного розпушення на варіанті без гербіциду (контроль) становила 920 г/м<sup>2</sup>, що в 6,5 раза більше, ніж за сумісного їх зростання. Зниження маси пшениці під впливом бур'янів було в 4,3–5,6 раза менше, ніж бур'янів за впливу культури, тому інтенсивність наростання вегетативної маси культури була вища, ніж бур'янів за рахунок її домінування.

Конкурентний тиск культури на бур'яни по фоні оранки (контроль) був вищий, ніж за плоскорізного розпушення, що було зумовлено меншою масою бур'янів на цьому варіанті.

У досліді з вивчення впливу способів основного обробітку ґрунту індекс конкурентоспроможності пшениці озимої за присутності бур'янів був найменший на фоні оранки 20–22 см (контроль), де показник варіював у межах 2,8–21,9%. Строк внесення гербіциду д. р. просульфурон 750 г/кг, у дозі 15 г/га також впливав на формування рівня забур'яненості та проявляв значний вплив на формування рівня врожайності пшениці озимої. Найнижчий відсоток зниження врожайності пшениці озимої 2,8–2,9 % відмічено на варіанті з внесенням гербіциду д. р. просульфурон 750 г/кг у дозі (15 г/га) на стадії ВВСН 11–13 у культурі, найвищий – 21,9–28,0% на контрольному варіанті без гербіциду (табл. 3).

Важливим елементом у формуванні конкурентних відносин між культурними рослинами та бур'янами є доза гербіциду. Так, за внесення гербіциду д.р. просульфурон 750 г/кг у дозі 15 г/га індекс конкурентоспроможності був нижчий на 3,6–8,3%, ніж за внесення у фазі 1–3 листків у пшениці озимої порівняно з дозою 20 г/га внесеної в цей самий строк, а за внесення цього препарату навесні, навпаки, він

**Таблиця 3. Шкодочинність бур'янів у посіві пшениці озимої за впливу способів основного обробітку та гербіциду д.р. просульфурон 750 г/кг (середнє за 2014–2016 рр.)**

Спосіб основного обробітку ґрунту	Строк внесення гербіциду	Доза гербіциду, кг/га	Маса насіння, г/м <sup>2</sup>		Індекс конкурентного тиску (ІК), %
			на чистому посіві	на забур'яненому посіві	
Оранка на 20–22 см (контроль)	Без гербіцидів (контроль)		630	492	21,9
	ВВСН 11–13	0,015	609	592	2,8
		0,020	691	614	11,1
	ВВСН 21–23	0,015	624	552	11,5
		0,020	658	611	7,1
	Плоскорізне розпушення на 20–22 см	Без гербіцидів (контроль)		672	484
ВВСН 11–13		0,015	589	572	2,9
		0,020	645	603	6,5
ВВСН 21–23		0,015	613	522	14,8
		0,020	628	553	11,9
НІР <sub>05</sub> АВС				7,0	5,0
НІР <sub>05</sub> АВ			3,0	2,0	–
НІР <sub>05</sub> С			4,0	3,0	–

**Примітки.** ВВСН 11-13 – стадія 1–3 листки у культурі, ВВСН 21-23 – весняне кушення.

нижчий за максимальної дози і знаходиться в межах 7,1–11,9%.

Отже, спосіб основного обробітку, строк та доза гербіциду, а також їх поєднання сприяли кращому забезпеченню пшениці озимої і сої вологою, світлом, елементами живлення, створення оптимальних умов росту і розвитку, а відтак підвищення їх конкурентоспроможності до бур'янів і зниження їх шкоди до культури.

## Висновки

Встановлено, що рівень забур'яненості в посівах залежить від біологічних особливостей культур ланки сівозміни і умов за яких їх вирощують. Це дає можливість рекомендувати використання особливостей цих культур ценотично впливати на бур'яни з допомогою гербіцидного захисту, що зменшує їх шкодочинність у посівах. Внесення вищих доз гербіцидів

д. р. просульфурон 750 г/кг (20 г/га) на пшениці озимій забезпечує зростання співвідношення маси культури до бур'янів за обох способів основного обробітку ґрунту.

Конкурентний тиск бур'янів у посіві пшениці озимої за обох способів основного обробітку ґрунту був мінімальний і становив 6,9–13,2%, тиск культури на бур'яновий ценоз був високий – 81,5–84,8%. Максимальне значення цього показника відмічено за внесення гербіциду д. р. просульфурон 750 г/кг (20 г/га) у фазі у 1–3 листки пшениці озимої.

Встановлено, що у посіві пшениці озимої індекс конкурентоздатності за оранки був вищий ніж за плоскорізного розпушення і становив – 27,8%. За внесення гербіциду д. р. просульфурон 750 г/кг у дозі 15 г/га у фазі 1–3 листків культури цей показник був найвищий і становив 2,8–2,9%, що було зумовлено меншим гербіцидним стресом на культуру.

## ЛІТЕРАТУРА

- Staniforth, D.W. Responses of soybean varieties to weed competition. *Agron. J.* 1962. № 54. S. 11–13.
- Малієнко А.М., Скурятін Ю.М., Кондратюк В.В. Удосконалення методичних підходів оцінки забур'яненості ґрунту. *Вісник аграрної науки.* 2003. №5. С. 9–11.
- Про головні проблеми захисту зернових колосових культур в питаннях та відповідях (практичні поради агроному). О.Л. Зозуля, І.О. Бойко, М.Г. Макаренко. Київ: ТОВ «Сингента», 2010. 45 с.
- Вороб'єв Н.Е. Основы агрофитоценологии. Киев: Изд-во УСХА, 1982. 31 с.
- Брухаль Ф.Й., Красюк Л.М. Шкідливість бур'янів у посівах сої. *Карантин і захист рослин.* 2011. № 4. С. 9–12.
- Злобин Ю. А. Агрофитоценология. Харьков, 1986. 173 с.
- Макух Я. П., Киричок М. І. Особливості забур'янення посівів та формування врожайності сої за різних строків конкуренції з бур'янами. *Новітні агротехнології.* 2021. № 9. Doi: <https://doi.org/10.21498/na.9.2021.258031>.
- Іващенко О.О. Бур'яни в агрофитоценозах. Проблеми практичної гербології. Київ: Інститут цукрових буряків УААН, 2001. 240 с.
- Кочик Г. М., Ворона Л. І. Фітоценотичний контроль бур'янів у агроценозах зони Полісся. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства УААН».* 2008. Вип. 2. С. 3–10.
- Скурятін Ю.М. Вплив агротехнічних факторів на забур'яненість культур польових сівозмін в умовах Полісся України: автореферат дис... канд. с.-г. наук: 06.00.01. Київ: 1995. 23 с.
- Bergh, J.P. van den and W.G. Braakhekke. Coexistence of plant species by niche differentiation. In: Structure and functioning of plant populations. A.H.J. Freyzen and J.W. Woldendorp (eds). *Versl. Kon. Ned. Akad. Wet., Afd. Natuurk. 2e reeks, North-Holland Publ. Co., Amsterdam.* 1978. № 70. S. 125–138.
- Peters, E.J., M.R. Gebhardt and J.P. Stritzke. Interrelations of row spacings, cultivations and herbicides for weed control in soybeans. *Weeds.* 1965. № 13. S. 285–289.
- Бабич А.О., Борона В.П., Задорожний В.С., Карасевич В.В. Бур'яни в посівах. *Захист рослин.* 1997. № 2. С. 4–5.
- Ворона Л.І., Кочик Г.М. Ефективність вирощування пшениці озимої в зоні Полісся. *Збірник наукових праць ННЦ «Інституту землеробства УААН».* 2009. Вип. 4. С. 87–95.
- Лазаускас П.М. Количественная зависимость между массой сорных растений и продуктивностью агрофитоценозов. В кн.: Актуальные вопросы, в борьбы с сорными растениями. Москва: ВАСХНИЛ, 1980. С. 67–73.
- Кравченко М. С. Злобин Ю. А., Царенко О.М. Землеробство. Київ: Либідь, 2002. 496 с.

## REFERENCES

1. Staniforth, D.W. (1962). Responses of soybean varieties to weed competition. *Agron. J.*, 54, 11–13.
2. Malienko A.M., Skurjatin Ju.M., Kondratjuk V.V. (2003). Udoskonalennja metodichnih pidhodiv ocinki zaburjanenosti gruntu [Improvement of methodical approaches to assessment of soil weediness]. *Visnik agrarnoi nauki*, 5, 9–11 [in Ukrainian].
3. Zozulja O.L., Bojko I.O., Makarenko M.G. (2010). Pro golovni problemi zahistu zernovih kolosovih kultur v pitannjah ta vidpovidjah (praktichni poradi agronomu) [Questions and answers about the main problems of grain crop protection (practical advice for an agronomist)]. Kyiv: TOV «Singenta» [in Ukrainian].
4. Vorobev N.E. (1982). Osnovy ahrofytotosenolohyy [Fundamentals of agrophytocenology]. Kyev : Yzdvo USKhA [in Russian].
5. Brukhal F.Y., Krasiuk L.M. (2011). Shkidlyvist burianiv u posivakh soi [Harmfulness of weeds in soybean crops]. *Karantyn i zakhyst roslyn*, 4, 9–12 [in Ukrainian].
6. Zlobin Ju.A. (1986). Agrofitocenologija [Agrophytocenology]. Harkov [in Russian].
7. Makukh Ya.P., Kyrychok M.I. (2021). Osoblyvosti zaburianennia posiviv ta formuvannia vrozhaivosti soi za riznykh strokiv konkurentsii z burianamy [Peculiarities of weeding of crops and formation of soybean yield during different terms of competition with weeds]. *Novitni ahrotekhnolohii*. Doi: <https://doi.org/10.21498/na.9.2021.258031> [in Ukrainian].
8. Ivashhenko O.O. (2001). Burjani v agrofitocenoazah. Problemi praktichnoi gerbologii [Weeds in agrophytocenoses. Problems of practical herbology]. Kyiv : Institut cukrovih burjakiv UAAN [in Ukrainian].
9. Kochik G.M., Vorona L.I. (2008). Fitocenotichnij kontrol burjaniv u agrocenoazah zoni Polissja [Phyto-cenotic control of weeds in agrocenoses of the Polissia zone]. *Zbirnik naukovih prac'nacional'nogo naukovogo centru «Institut zemlerobstva UAAN»*, 2, 3–10 [in Ukrainian].
10. Skurjatin Ju.M. (1995). Vpliv agrotehnicnih faktoriv na zabur'janenist' kul'tur pol'ovih sivozmin v umovah Polissja Ukraini [The influence of agrotechnical factors on the weediness of crops of field crop rotations in the conditions of Polissia of Ukraine] *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
11. Bergh, J.P. van den and W.G. Braakhekke (1978). Coexistence of plant species by niche differentiation. In: Structure and functioning of plant populations. A.H.J. Freysen and J.W. Woldendorp (eds). *Versl. Kon. Ned. Akad. Wet., Afd. Natuurk. 2e reeks*, 70, 125–138 [in Ukrainian].
12. Peters, E.J., M.R. Gebhardt and J.P. Stritzke (1965). Interrelations of row spacings, cultivations and herbicides for weed control in soybeans. *Weeds*, 13, 285–289.
13. Babych A.O., Borona V.P., Zadorozhnyj V.S., Karasevych V.V. (1997). Burjany v posivah [Weeds in crops]. *Zahyst roslyn*, 2, 4–5 [in Ukrainian].
14. Vorona L.I., Kochyk G.M. (2009). Efektyvnist vyroshhuvannja pshenyци ozymoi' v zoni Polissja [Efficiency of growing winter wheat in the Polissia zone]. *Zbirnyk naukovyh prac NNC "Instytutu zemlerobstva UAAN"*, 4, 87–95 [in Ukrainian].
15. Lazauskas P.M. (1980) Kolichestvennaja zavisimost' mezhdju massoj sornyh rastenij i produktivnost'ju agrofitocenzov. V kn.: Aktualnye voprosy, v bor'by z sornymi rastenijami [Quantitative relationship between the mass of weeds and the productivity of agrophytocenoses. In the book: Topical issues in the fight against weeds]. Moskva: VASHNIL. P. 67–73 [in Russian].
16. Kravchenko M.S. Zlobin Ju.A., Carenko O.M. (2002). Zemlerobstvo [Agriculture]. Kyiv: Libid. [in Ukrainian].

**Zaiats P.S., Brukhal F.Y., Ostapyuk B.V.**

***Features of competitive relationships between plants and weeds of winter wheat agrophytocenose***

**Aim.** To establish the level of harmfulness of segetal vegetation in winter wheat crops under different methods of main tillage and doses and periods of herbicides due to their peculiarities of the formation of competitive relations of cultural plants and weeds in the agrocenosis and separately. **Methods.** The research was carried out during 2014–2016 in a stationary field experiment on a gray forest coarse dust light loamy soil with humus content in the 0–30 cm layer at the level of 1.19 %, easily hydrolyzable nitrogen – 51 mg/kg of soil, mobile phosphorus – 75 mg/kg kg of soil, exchangeable potassium – 78 mg/kg of soil, pH – 5.5 in the grain-row chain of crop rotation: soybean (variety *Legenda*), winter wheat (variety *Artemis*), against the background of two methods of main cultivation (shelf, no-shelf at a depth of 20–22 cm), timing of herbicide application (prosuluron 750 g/kg (autumn,

spring), herbicide doses (minimum, maximum recommended) and control (without herbicide). **Results.** The competitive pressure of weeds in sowing winter wheat under both methods of main tillage was minimal and amounted to 6.9–13.2 %, the pressure of the culture on the weed coenosis was high – 81.5–84.8 %. The maximum value of this indicator was established for the introduction of herbicide prosulfuron 750 g/kg (20 g/ha) in the phase of 1–3 leaves of winter wheat. When this herbicide was applied at a dose of 15 g/ha in the phase of 1–3 leaves of the crop, this indicator was the highest and amounted to 2.8–2.9%, which was due to less herbicide stress on the crop. **Conclusions.** Research has established that the level of weediness in crops depends on the biological characteristics of crops in the crop rotation and the conditions under which they are grown. This makes it possible to recommend the use of the features of this culture to have a cenotic effect on weeds with the help of herbicide protection, which reduces their harmfulness in crops.

**Key words:** agrocenosis, segetal vegetation, plowing, tillage, competitiveness, harmfulness.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Заяць П.С.**, кандидат сільськогосподарських наук, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: obrobitok@ukr.net, тел. 067 293 89 93, ORCID: 0000-0002-2655-105X

**Брухаль Ф.Й.**, кандидат сільськогосподарських наук, Національний науковий центр «Інститут землеробства

НААН», e-mail: obrobitok@ukr.net, тел. 096 461 48 43, ORCID: 0000-0002-8736-0628

**Остап'юк Б.В.**, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: obrobitok@ukr.net, тел. 067 319 52 56, ORCID: 0000-0002-0285-6254

**Zaiats P. S.**, Candidate of Agricultural Sciences, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences», e-mail: obrobitok@ukr.net, ph. 067 293 89 93, ORCID: 0000-0002-2655-105X

**Brukhal F.Y.**, Candidate of Agricultural Sciences, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National

Academy of Sciences», e-mail: obrobitok@ukr.net, ph. 096 461 48 43, ORCID : 0000-0002-8736-0628

**Ostapyuk B.V.**, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences», e-mail: obrobitok@ukr.net, ph. 067 319 52 56, ORCID: 0000-0002-0285-6254

Надійшла 23.01.2023

## PROPOSALS REGARDING THE TARGETED USE OF SHORT-STEMMED WINTER RYE GRAIN IN UKRAINE

N.V. Symonenko, O.S. Levchenko, L.M. Holyk

*NSC «IA NAAS» (Chabany, Ukraine)*

**Aim.** *To draw the attention of producers, customers, collectors of rye grain, breeders to the availability of specialized short-stemmed, resistant to lodging varieties of this crop intended for baking bread, obtaining compound feed, alcohol, starch, various biopolymers, as well as the prospect of improving the quality of winter rye grain through breeding work. Methods.* *Field, laboratory, mathematical and statistical. Results.* *According to research data, rye varieties were divided into groups according to the directions of use. It is recommended to use Alatyр, Sirius, Oriana, Aldana, Laskave, Novax, Palazzo, Yelica varieties for baking bread; for feeding animals – Alatyр, Sirius, Oriana, Aldana, Laskave, Novax varieties; for processing into alcohol – varieties Oriana, Laskave, Novaks. Conclusions.* *The biochemical composition of the grain of various short-stemmed varieties of winter rye of our own breeding was studied in terms of the content of protein, starch, pentosans, alkylresorcins, and the activity of amylolytic enzymes. The target use of grain of short-stemmed varieties of winter rye has been established.*

**Key words:** *resistance to grain germination in the ear, pentosans, amylose, protein, falling number, baking quality.*

**Introduction.** Historically and geographically it happened that agriculture was and remains the leading sector of Ukraine's economy, today it is the guarantor of food security, which means statehood, which until recently made up 50% of the country's budget and exports. The availability of sufficient grain reserves in volumes that fully meet the needs of the population in food, livestock – in feed, industry – in raw materials, determine the independence of the state. It is no accident that the civilized world perceives Ukraine, first of all, as one of the main suppliers of food products to the world market. Our traditions of growing bread and breeding are the main factor in ensuring food security, stable production of a sufficient volume of high-quality and ecologically safe plant products in various ecological and soil conditions.

**Analysis of recent research and publications.** Formulation of the problem. Winter rye grain (*Secale cereale* L.) is, first of all, a raw material for bread. Yielding to wheat bread in terms of protein content and its assimilation, rye bread is superior to wheat bread in terms of carbohydrate content. Rye bread is high-calorie, contains vitamins A and B, which is very valuable in human nutrition. Rye (shredded, whole grain, flour,

bran) is of special importance as a concentrated feed or a component of compound feed for animals. Winter rye grain (hereinafter – rye) is a technical raw material for starch and alcohol production, obtaining various biopolymers [1].

The priority of modern breeding work with rye is the creation of specialized short-stemmed, lodging-resistant, resistant to major diseases rye varieties of target purpose with pronounced baking, technological and fodder indicators of grain, which ensure high manufacturability of processes in the processing industry. This is combined with the improvement of the architecture of the short-stemmed rye plant, its photosynthetic apparatus, aimed at more efficient use of solar radiation. Cultivation of short-stemmed varieties of rye contributes to the reduction or rejection of the use of chemicals. This corresponds to modern requirements for varieties: energy efficiency, ecological cleanliness, safety of cultivation [1; 2].

Based on the biological features of rye as a cross-pollinated crop, theoretical prerequisites, the study of the gene pool and resource provision of the field of crop production, the strategy of our rye selection was developed (Table 1).

**Table 1. Strategic directions and methods of winter rye breeding in Ukraine**

<b>Directions and tasks of winter rye selection</b>			
<i>Increasing the genetic potential of productivity:</i>			
a) synthesis of varieties and populations with self-renewal of intra-population heterosis; b) synthesis of F1 hybrids on the basis of MS			
<i>Resistance to laying:</i>			
a) improvement of plant architecture and photosynthetic apparatus; b) use of short-stemmed donors			
<i>Increasing adaptive potential:</i>			
a) genetic resistance to limiting environmental factors (drought, high and low temperatures, etc.); b) early ripening (reduction of the duration of interphase periods); c) responsiveness to fertilizers and protective means			
<i>Resistance to the main diseases:</i>			
a) creation of populations with monogenic resistance; b) creation of polyresistant populations; c) creation of populations combining race-specific and non-race-specific resistance			
<i>Improving the technological qualities of grain – creating varieties for targeted use:</i>			
a) in the bakery and confectionery industry; b) production of compound feed; c) production of starch and processing into alcohol			
<i>Creation of varieties of green oblique direction of use:</i>			
a) high yield and nutritional value of green mass; b) the ability to quickly grow back after mowing			
<b>Selection methods:</b>			
Screening of the global variety of winter rye in the conditions of Ukraine	Experimental polyploidy	Hybridization, stabilizing selection	Creation of heterosis F1 hybrids based on MS

Our breeding research involves screening of the world gene pool, selection of sources and creation of donors of selection-valuable traits, methods of using experimental polyploidy, hybridization, purposeful formation of complex hybrid populations, breeding of heterosis F1 hybrids based on MS.

The strategy program provides for comprehensive research from the creation of targeted varieties to the clarification of elements of agro-technical cultivation and methods of seed production, which will contribute to the successful cultivation of the most adaptable and economically profitable crop in Ukraine.

Rye is characterized by the germination of grain «on the stump» (in the ear). Sprouted rye grain does not contribute to the formation of high-quality bread during baking. Rye grain contains a lot of pentosans – non-starch polysaccharides that suppress the general digestion and assimilation of proteins; their large content is somewhat harmful for animals, provided it is used as feed [7; 13; 25].

At the same time, pentosans are useful when using rye grain in bread baking. Rye grain protein does not

form gluten like wheat protein. Rye proteins have a high degree of solubility, which negatively affects the grain's baking quality. Pentosans, unlike proteins, dissolve well in water, form a high viscosity water-flour suspension and ensure the rise of rye dough. When creating varieties of rye for baking and the confectionery industry, it is worth choosing forms with a high content of soluble pentosans, their high water absorption capacity and low  $\alpha$ -amylase activity [8; 9; 14].

Rye grain is an important and economically beneficial raw material for the alcohol industry. This is facilitated by low purchase prices for rye grain. In some countries, whiskey is made from rye grain [26]. The requirements for rye grain for the alcohol industry are much lower than for bread-making: the bulk weight of the grain is not less than 685 g/l, the ability to germinate on the fifth day is not less than 92%, the content of impurities is not more than 5%, the moisture content is not more than 15.5% (DSTU 4522:2006).

The task of modern rye breeding is to provide the producer of grain and green fodder with varieties that

**Table 2. Modern trends in the breeding of winter rye for grain quality**

Direction of breeding	Requirements for the quality of rye grain
Bread making	low activity of amylolytic enzymes (ChP 130–300 p., amylogram 450–600 IU); high content of total and soluble pentosans
Animal feed	low activity of amylolytic enzymes (ChP 130–300 p., amylogram 450–600 IU); high content of total and soluble pentosans low content of antinutrients (total and soluble pentosans, 5-alkylresorcinols, trypsin inhibitors); increased protein content; resistance to pre-harvest germination and fusarium head blight
Alcoholic processing, obtaining starch	high natural mass of grain (more than 650 g/l); increased starch content; high content of total and low content of soluble pentosans

are not universal, but specifically of the target direction – green-flavored, for bread baking, production of compound feed, production of alcohol, starch, for the production of pharmaceuticals, polymers, etc. This has great difficulties for breeding, since work must be carried out in different directions regarding grain quality (Table 2).

Improvement of feed qualities of rye grain will be achieved under the condition of breeding for low content of water-soluble pentosans, high protein content with high stability of grain germination in the ear [17; 23].

When processing rye grain into alcohol, a number of technological difficulties also arise, which lead to instability of the quality indicators of wort, disruption of fermentation processes, as a result of which the yield of ethyl alcohol decreases and its quality deteriorates. This is explained, first of all, by the peculiarities of the chemical composition of rye grain. Therefore, carrying out scientific and research work on determining the influence of varietal characteristics of rye on biochemical processes during the production of ethyl alcohol is definitely important and relevant.

**Research materials and methods.** The research was carried out on the basis of the National Research Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences» in the Department of Selection and Seeding of Grain Crops during 2018-2022. The methods used during the research: screening of winter rye selection material by indirect indicators of grain quality (natural weight, protein content, starch, pentosans, alkylresorcinols,  $\alpha$ -amylase (ChP) activity, amylogram height, starch pasteurization temperature); mathematical and statistical processing of the obtained research results according to B.A. Dospehova's method and in the Statistica 8 program.

**Research results.** The natural weight of the grain is an indicator that reflects the quality and content of starch – the main substance of the grain, which accounts for 50-70% of the floury part of the endosperm [5; 11; 20]. It was shown that the average weighted grain weight index in the favorable years of 2018-2022 in tall varieties of rye at the time of grain ripening ranges from  $650.0 \pm 5.0$  g/l, depending on the variety, in unfavorable years 590–602 g/l. Varieties based on dominant short-stemmedness formed this indicator at a higher level of 732–742 g/l – in favorable years, and 660–670 g/l – in unfavorable years, respectively (Table 3).

Starch is the main component of rye grain, and the baking properties of the grain depend on its state [14; 16]. In our research, the starch content in the grain of short-stemmed rye varieties is 61.2 – 65.9%, while in tall samples – 56.4 – 62.5%. The highest average indicators of starch concentration in the grain of the varieties of the comparative competitive variety test during the period of research is the short-stemmed variety Laskave (61.9–66.1%), followed by the variety Oriana (63.0–65.9%). The influence of year conditions and genotype were approximately the same – 29.2 and 26.2%, respectively. Random (unaccounted for) factors had the greatest influence – 44.6% of the total variance. High-growing varieties did not significantly differ from the Siverske standard in terms of starch concentration in grain, and no significant differences were found between them.

In addition, high-growing rye is more susceptible to internal (biochemical) and external (morphological) germination of grain «on the stump» due to the laying of a tall stem during the ripening period of the grain in the ear. This leads to the degradation of starch grains under the influence of amylases, the natural weight of the grain

**Table 3. Bulk weight and starch content of winter rye grain, 2018-2022**

Variety	Amplitude of variation		$\bar{X}$	$S\bar{x}$	V, %	Starch contents, %
	min	max				
<b>Heigh varieties</b>						
Siverske, st.	591	680	649,8	17,4	6,0	56,4–61,0
Levitan	602	693	655,6	15,7	5,3	57,2–60,7
Intensyvne-99	598	680	645,2	13,7	4,7	58,1–60,0
Hamarka	610	685	647,8	13,1	4,4	57,6–61,7
Veletyn	600	670	643,4	14,3	4,9	58,9–61,1
Palazzo	595	680	649,2	14,9	5,0	56,6–62,5
<b>Low varieties</b>						
Alatyr	667	738	714,0	12,9	4,0	62,7–65,0
Sirius	660	742	712,6	14,1	4,3	61,2–64,7
Oriana	670	735	711,0	12,1	3,7	63,0–65,9
Aldana	664	732	708,4	12,1	3,8	62,6–65,0
Laskave	675	740	714,0	13,2	4,1	61,9–66,1
Novaks	670	735	713,1	14,1	4,6	63,6–65,0

decreases [10; 17]. High resistance to lodging, starch content and grain resistance to germination «on the stump» are the advantages of short-stemmed varieties of rye over tall varieties. Grain of short-stemmed varieties of rye dominates the gross collection for the production of alcohol in European countries (Poland, Germany, Austria, and others) [1].

Rye grain is also characterized by an increased content of pentosans, which participate in the inhibition of germination amylases and can be an additional source of sugars that provide a higher yield of alcohol [4; 24; 25]. Accordingly, the selection of short-stemmed rye for the baking and confectionery industry must be carried out for a high content of pentosans, since they perform a framework-forming role during the baking of rye bread. For fodder purposes, rye grain should have a high protein content and a low content of pentosans, which make it difficult for animals to digest food without a sufficient amount of water [3; 12; 18; 19].

The data in Table 4 reflect a comprehensive assessment of some rye varieties according to grain quality indicators grown in Ukraine.

All presented short-stemmed lodging-resistant varieties of rye had sufficiently high indicators of «Falling number» from 232 to 260 s. Below 143.5 s. the PE index of short-stemmed grain varieties did not decrease even under the provocative wet conditions of 2022. This makes it possible to recommend the use of short-stemmed rye grain in the baking and confectionery industry under any

weather conditions and is a confirmation that Ukraine is a reliable producer of high-quality rye grain for its own use in baking and for export.

Despite the fact that the studied material was obtained under different weather conditions, the protein content in the grain of tall varieties fluctuated within rather narrow limits – 8.43 ... 9.73%. The highest ranks in terms of the average protein content in grain for the period 2018–2022 were occupied exclusively by short-stemmed large-grain varieties of rye – 11.1 ... 11.5%, the selection of which was carried out for a long time to increase grain size and increased plant productivity. The conditions of the year had a significant influence on the protein content (40.1% of the total variance), and the influence of varieties (32.1%) during the study period was also significant.

The sedimentation method (SDS-sedimentation) is a rapid mass method for assessing the quality of wheat protein and gluten. We also use this method to determine the quality of rye grain [3; 6; 12; 15; 18; 19; 22; 24; 25]. The table shows a significant difference in the level of protein sedimentation of short-stemmed samples (12.00–20.50 mm), while there were no significant differences in this indicator among tall varieties (10.67–13.67 mm). Such heterogeneity of the average values of SDS-sedimentation of the protein of short-stemmed varieties is a consequence of long-term continuous selection to increase the productivity of the ear, high mass of 100 grains from the plant and ear, as well

**Table 4. Comparative evaluation of winter rye varieties according to grain quality indicators, 2018–2022**

Variety	FN, s	Amylogram height, od.am	Temperature pasteurization, °C	Natural mass of grain, g/l	Content				Content SDS-sedimentation, mm	General bakery evaluation, point
					pentanes, %		alkylresorcinols, mg/kg	protein, %		
					all	solution				
<b>Heigh varieties</b>										
Siverske, st.	128	455	65,5	627	17,9	4,81	112,80	8,43	12,00	3,8
Levitan	112	465	64,0	621	18,8	4,42	113,30	9,00	10,67	3,9
Intensyvne-99	135	415	65,5	636	16,3	4,20	119,83	9,67	13,50	3,7
Hamarka	125	410	65,5	626	16,8	3,51	115,65	8,70	12,33	3,6
Velyten	140	415	65,8	699	16,1	3,82	129,69	9,27	13,67	3,2
Palazzo	190	530	67,0	641	18,3	4,22	125,96	8,90	12,33	3,8
Lika	143	465	64,0	632	17,9	4,55	133,09	9,57	11,17	3,8
<b>Low varieties</b>										
Alatyr	235	675	67,0	718	12,4	3,12	91,06	11,48	20,50	4,8
Sirius	230	665	67,0	718	13,2	2,92	108,25	12,75	12,00	4,7
Oriana	245	800	67,3	707	12,3	2,88	91,68	11,42	14,33	4,5
Aldana	250	700	68,5	709	13,0	3,41	99,08	12,56	16,17	4,4
Laskave	240	760	67,8	713	13,6	3,10	91,60	12,80	15,00	4,9
Novaks	232	700	66,3	706	12,9	2,90	82,45	12,33	17,33	4,8

as the selection took place purposefully with regard to the quality of the grain for the intended use. The influence of the year had a significant effect on the SDS-sedimentation indicator (36% of the total variance), but the effect of the variety was more significant (43.4%). Thus, using the SDS-sedimentation indicator, we partially characterize the studied material by the content of protein in the grain and its quality.

In order to determine the degree of combination of grain quality traits that we need, we determined the correlations between them on the sets of short-stemmed and tall varieties of nurseries of the comparative competitive variety test of 2022, when a significant differentiation of the studied material according to the state of emergency was evident. A weak or completely absent relationship between PE and starch content was established ( $r = 0.015 \dots -0.380$ ). The correlation between PE and protein content varied from very weak positive to negative ( $r = 0.109 \dots -0.422$ ). The relationship between grain protein content and SDS-sedimentation index was not always positive; cases of significant positive dependence ( $r = 0.667 \dots 0.840$ ) mainly occur in wet years. Between

the content of starch and protein, the relationship is negative ( $r = -0.384 \dots -0.566$ ), which indicates the possibility of creating forms with a combination of a somewhat high content of protein and starch.

A long-term study of the peculiarities of the formation of the technological qualities of the grain of short-stemmed resistant to laying rye varieties of our own selection allows us to recommend them for targeted use (Table 5).

The study of bakery and fodder quality indicators of rye grain made it possible to differentiate and recommend short-stemmed, lodging-resistant varieties of our own selection regarding the targeted use of their grain:

- Alatyr, Sirius, Aldana, Laskave, Novax – in animal fattening and compound feed production due to the increased protein content, low content of 5-alkylresorcinols and pentosans;
- Oriana, Laskave, Novax – for baking and confectionery purposes, obtaining starch and processing it into alcohol.

**Table 5. Use of rye varieties in accordance with grain quality requirements**

Variety	Direction of use	Grain quality requirements
Alatyr, Sirius, Oriana, Aldana, Laskave, Novax, Palazzo, Yelica	Bread baking	Resistance to pre-harvest germination of grain in the ear Low activity of amylolytic enzymes III (ChP – 130 ... 300 s., amylogram height – 450 ... 600 units of am.) High content of total and soluble pentosans (non-starch polysaccharides)
Alatyr, Sirius, Aldana, Laskave, Novax	Production of compound feed	Resistance to pre-harvest germination of grain in the ear Increased protein content Low content of total and soluble pentosans, their low water absorption capacity
Oriana, Laskave, Novax	Obtaining starch, processing it into alcohol	High natural mass of grain (> 700 g/l) Increased starch content High content of total and low content of water-soluble pentosans

In the natural conditions of the Polissia and Forest Steppe of Ukraine, short-stem varieties of our own selection have high plasticity and winter resistance, form grain, as a rule, with low  $\alpha$ -amylase activity, which provides it with excellent baking qualities. Therefore, these areas of Ukraine are suppliers of high-quality food grain rye.

Among the breeding material created by us are varieties and forms with a high «fall number», they are the basis for creating varieties and self-pollinated lines resistant to grain germination in the ear. Tall varieties of rye in our experiments have a small amount of protein, in the range of 8–10%. A higher protein content in grain is characteristic of short-stemmed varieties, all of them exceeded the standard for this indicator. Weather conditions have a significant effect on the protein content of grain, but much less than on the value of «Falling numbers». The influence of year conditions on the concentration of starch in the grain is half as much as on the protein content and almost 4 times as much as on the value of the «number of fall». There is also a difference in SDS-sedimentation between rye varieties. The varieties involved in the study are versatile in terms of grain quality, so they are actively involved in crossing when creating new varieties.

For more effective use of rye in the rations of farm animals, it is necessary:

- to develop scientifically based requirements for feed rye grain for the selection of varieties for target use and standardization of its quality;
- to improve the formulation of compound feed with the involvement of rye, especially for the rations of the largest grain production of this crop;
- to improve effective energy-saving methods of processing rye grain, which increase the assimilation

of nutrients by animals with the involvement of heat treatment, extrusion, and the use of new multienzyme components; in areas with an increased amount of atmospheric precipitation during ripening and harvesting, it should be considered urgent to improve the methods of storage and urgent use of rye grain with high humidity.

## CONCLUSION

The question of the quality of rye grain must be considered from the point of view of the technology of grain processing into flour, baking and nutritional value of bread, suitability for feeding animals, obtaining starch and alcohol. Differences in the biochemical composition of rye grain of different varieties are due to the properties of proteins, carbohydrates and the state of enzymes, especially the activity of amylolytic enzymes, which determine the resistance to germination of grain in the ear. The wide variability of the amylolytic activity of rye varieties indicates the possibility of improving the baking qualities of rye grain through selection. For baking high-quality bread, short-stem varieties are suitable – Alatyr, Sirius, Oriana, Aldana, Laskave, Novax, Palazzo, Yelica. By combining various sources of rye grain quality, it is quite possible to achieve a combination of increased concentration of protein and starch in one genotype, which is important when using them for animal feeding. Currently, short-stemmed varieties Alatyr, Sirius, Aldana, Laskave, Novax are suitable for this. These varieties also have a low content of pentosans and alkylresorcinols in the grain. The output of the alcohol sector depends on the amount of starch in the grain, therefore Oriana, Laskave, Novax varieties with a high content of starch are a priority for processing into alcohol.

## REFERENCES

1. Symonenko N.V., Skoryk V.V., Zhemoyda V.L. (2019). Results of breeding work with winter rye at the Nosiv breeding and research station. *Horticulture and soil science*, 286, 152–163 [in Ukrainian].
2. Skoryk Vict.V., Skoryk V.V., Symonenko N.V., Skoryk O.P. (2010). Genetic characteristics of the donor of dominant shortness and grain size of winter rye (*Secale cereale* L.). *Varietal research and protection of rights to plant varieties*, 1 (11), 5–13 [in Ukrainian].
3. Bendelow V.M. (1967). Early generation screening for gluten strength in durum wheat breeding. *Cereal Sci. Today*, 12, 336–337 [in English].
4. Biddulph T. B., Plummera J. A., Setter T. L., Mares D. J. (2008). Seasonal conditions influence dormancy and preharvest sprouting tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) in the field. *Field Crops Res.*, 107, 116–128 [in English].
5. Clarke M.P., Gooding M.J., Jones S.A. (2004). The effects of irrigation, nitrogen fertilizer and grain size on Hagberg falling number, specific weight and blackpoint of winter wheat. *Food Agric.*, 84, 227–236 [in English].
6. Dick J.W., Quick J.S. (1983). A modified screening test for rapid estimation of gluten strength in early-generation durum wheat breeding lines. *Cereal Chem.*, 60, 4, 315–318 [in English].
7. Dimmock J.J., Gooding M.J. (2002). The influence of foliar diseases, and their control by fungicides, on the protein concentration in wheat grain: A review. *Agric. Sci. (Cambridge)*, 138, 349–366 [in English].
8. McLeod J.G., Gan Y.T., Scoles G.J., Campbell G.L. (1996). Extract viscosity and feeding quality of rye. *Vortr. Pflanzenzucht*, 35, 97–108 [in English].
9. Gan Y. ., McLeod J.G., Scoles G.J., Campbell G.L. (1997). Extract viscosity of winter rye: Variation with temperature and precipitation. *Canad. J. Plant Science*, 77(4), 555–560 [in English].
10. Every D., Simmons L., Al-Hakkak J., et al. (2002). Amylase, falling number, polysaccharide, protein and ash relationships in wheat millstreams. *Euphytica*, 126, 135–142 [in English].
11. Farrell A.D., Kettlewell P.S. (2009). The relationship between grain weight and alpha-amylase in winter wheat: varietal comparison from UK field experiments. *Euphytica*, 168, 395–402 [in English].
12. Feillet P. (1988). Protein and enzyme composition of durum wheat. *Durum wheat: Chemistry and Technology*. Ed. by G. Fabriani, C. Lintas. Published by the American Association of Cereal Chemists, Inc. St-Paul. Minnesota (USA), P. 93 –119 [in English].
13. Gan Y.T., McLeod J.G., Scoles G.J., Campbell G.L. (1998). Relationship between extract viscosity and kernel size in winter rye. *Canadian journal of Plant Sci.*, 78,3, 423–427 [in English].
14. Johansson E. (2002). Effect of two wheat genotypes and Swedish environment on falling number, amylase activities, and protein concentration and composition. *Euphytica*, 126, 143–149 [in English].
15. Joppa L.R. (1983). Chromosomal Location of Genes for Gliadin Polypeptides in Durum Wheat *Triticum turgidum* L. *Theor. Appl. Genet.*, 64, 289–293 [in English].
16. Kindred D.R., Gooding M.J., Ellis R.H. (2005). Nitrogen fertilizer and seed rate effects on Hagberg falling number of hybrid wheats and their parents are associated with  $\alpha$ -amylase activity, grain cavity size and dormancy. *J. Sci. Food. Agric.*, 85, 727–742 [in English].
17. Kosmolok F.G., Dexter J.E., Matsuo R.R., et al. (1980). A relationship between durum wheat quality and gliadin electropherograms. *Can. J. Plant Sci.*, 60, 427–432 [in English].
18. Leisle D., Kosmolok F., Kovacs M. (1981). Association of glume color with gluten strength and gliadin proteins in durum wheat. *Can. J. Plant Sci.*, 61, 149–151 [in English].
19. Mares D., Mrva K. (2008). Late-maturity  $\alpha$ -amylase: Low falling number in wheat in the absence of preharvest sprouting. *J. Cereal Sci.*, 4, 6–17 [in English].
20. Pasha M.J., Anjum F.M., Butt M.S., Iqbal J.S. (2007). Gluten Quality prediction and correlation studies in spring wheats. *Food Quality*, 30 (4), 438–449 [in English].
21. Rasul G., Humphreys D. G., Br 1È-Babel A., et al. (2009). Mapping QTLs for preharvest sprouting traits in the spring wheat cross ‘RL4452. *Euphytica*, 168, 363–378.
22. Quick J.S., Donnelly B.J. (1980). A rapid test for estimating durum wheat gluten quality. *Crop sci.*, 20, 816–818 [in English].
23. Vasiljevic S., Banasik O. J. (1980). Quality testing methods for durum wheat and its products. *Fargo (USA)*, 134 p. [in English].
24. Wang J., Pawelzik E., Weinert J., Zhao Q., Wolf G. (2008). Factors influencing falling numbers in winter wheat. *Eur. Food Res. Technol.*, 226, 1365–1371 [in English].
25. Weipert D. (1996). Pentosan in rye. *Vortr. Pflanzenzüchtung*, 35, 85–94 [in English].

## ЛІТЕРАТУРА

1. Симоненко Н.В., Скорик В.В., Жемойда В.Л. Результати селекційної роботи з озимим житом на Носівській селекційно-дослідній станції. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019. 286. P. 152–163.
2. Скорик Вікт.В., Скорик Волод.В., Симоненко Н.В., Скорик О.П., Генетична характеристика донора домінантної короткостеблості і крупності зерна жита озимого (*Secale cereale L.*). *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2010. № 1 (11). С. 5–13.
3. Bendelow V.M. Early generation screening for gluten strength in durum wheat breeding. *Cereal Sci. Today*. 1967. No. 12. P. 336–337.
4. Biddulph T.B., Plummera J.A., Setterb T.L., Mares D.J. Seasonal conditions influence dormancy and preharvest sprouting tolerance of wheat (*Triticum aestivum L.*) in the field. *Field Crops Res.* 2008. V.107. P.116–128.
5. Clarke M.P., Gooding M.J., Jones S.A. The effects of irrigation, nitrogen fertilizer and grain size on Hagberg falling number, specific weight and blackpoint of winter wheat. *Food Agric.* 2004. V.84. P. 227–236.
6. Dick J.W., Quick J.S. A modified screening test for rapid estimation of gluten strength in early-generation durum wheat breeding lines. *Cereal Chem.* 1983. Vol. 60, No. 4. P. 315–318.
7. Dimmock J.J., Gooding M.J. The influence of foliar diseases, and their control by fungicides, on the protein concentration in wheat grain: A review. *Agric. Sci. (Cambridge)* 2002. V. 138. P. 349–366.
8. McLeod J.G., Gan Y.T., Scoles G.J., Campbell G.L. Extract viscosity and feeding quality of rye. *Vortr. Pflanzenzucht.* 1996. V. 35. 97–108.
9. Gan Y.T., McLeod J.G., Scoles G.J., Campbell G.L. Extract viscosity of winter rye: Variation with temperature and precipitation. *Canad. J. Plant Science.* 1997. V. 77(4). 555–560.
10. Every D., Simmons L., Al-Hakkak J., et al. Amylase, falling number, polysaccharide, protein and ash relationships in wheat millstreams. *Euphytica.* 2002. V.126. P.135–142.
11. Farrell A.D., Kettlewell P.S. The relationship between grain weight and alpha-amylase in winter wheat: varietal comparison from UK field experiments. *Euphytica.* 2009. V. 168. P. 395–402.
12. Feillet P. Protein and enzyme composition of durum wheat. Durum wheat: Chemistry and Technology. Ed. by G. Fabriani, C. Lintas. Published by the American Association of Cereal Chemists, Inc. St-Paul. Minnesota (USA), 1988. P. 93 –119.
13. Gan Y.T., McLeod J.G., Scoles G.J., Campbell G.L. Relationship between extract viscosity and kernel size in winter rye. *Canadian journal of Plant Sci.* 1998. V. 78 №3. P. 423–427.
14. Johansson E. Effect of two wheat genotypes and Swedish environment on falling number, amylase activities, and protein concentration and composition. *Euphytica.* 2002. V.126. P.143–149.
15. Joppa L.R. Chromosomal Location of Genes for Gliadin Polypeptides in Durum Wheat *Triticum turgidum L.* *Theor. Appl. Genet.* 1983. Vol. 64. P. 289–293.
16. Kindred D.R., Gooding M.J., Ellis R.H. Nitrogen fertilizer and seed rate effects on Hagberg falling number of hybrid wheats and their parents are associated with  $\alpha$ -amylase activity, grain cavity size and dormancy. *J. Sci. Food. Agric.* 2005. V. 85. P. 727–742.
17. Kosmolok F.G., Dexter J.E., Matsuo R. R., et al. A relationship between durum wheat quality and gliadin electropherograms. *Can. J. Plant Sci.* 1980. Vol. 60. P. 427–432.
18. Leisle D., Kosmolok F., Kovacs M. Association of glume color with gluten strength and gliadin proteins in durum wheat. *Can. J. Plant Sci.* 1981. Vol. 61. P. 149–151.
19. Mares D., Mrva K. Late-maturity  $\alpha$ -amylase: Low falling number in wheat in the absence of preharvest sprouting. *J. Cereal Sci.* 2008. V.4. P. 6–17.
20. Pasha M. J., Anjum F. M., Butt M. S., Iqbal J. S. Gluten Quality prediction and correlation studies in spring wheats. *Food Quality.* 2007.V. 30 (4). P. 438–449.
21. Rasul G., Humphreys D.G., Br 1È-Babel A., et al. Mapping QTLs for preharvest sprouting traits in the spring wheat cross ‘RL4452. *Euphytica.* 2009. V. 168. P. 363–378.
22. Quick J.S., Donnelly B. J A rapid test for estimating durum wheat gluten quality. *Crop sci.* 1980. Vol. 20. P. 816–818.
23. Vasiljevic S., Banasik O. J. Quality testing methods for durum wheat and its products. *Fargo (USA)*, 1980. 134 p.
24. Wang J., Pawelzik1 E., Weinert J., Zhao Q., Wolf G. Factors influencing falling numbers in winter wheat. *Eur. Food Res. Technol.* 2008. V. 226. P. 1365–1371.
25. Weipert D. Pentosan in rye. *Vortr. Pflanzenzüchtung.* 1996. №35. P. 85–94.

Симоненко Н. В., Левченко О.С., Голик Л.М.

*Шляхи використання зерна короткостеблового жита озимого в Україні*

**Мета.** Привернути увагу виробників, замовників, заготівельників зерна жита, селекціонерів щодо наявності спеціалізованих короткостеблових, стійких до вилягання сортів даної культури цільового призначення для випічки хліба, отримання комбікормів, спирту, крохмалю, різноманітних біополімерів, а також селекційною роботою перспективу покращення якості зерна жита озимого. **Методи.** Польові, лабораторні, математико-статистичні. **Результати.** За даними дослідження сорти жита були розділені на групи за напрямками використання. Для випічки хліба рекомендовано використовувати сорти Алатир, Сіріус, Оріана, Альдана, Ласкаве, Новакс, Палаццо, Єліка; для годівлі тваринам – сорти Алатир, Сіріус, Оріана, Альдана, Ласкаве, Новакс; для переробки на спирт – сорти Оріана, Ласкаве, Новакс. **Висновки.** Вивчено біохімічний склад зерна різних короткостеблових сортів жита озимого власної селекції щодо вмісту білка, крохмалю, пентозанів, алкілрезорцинів, активності амілолітичних ферментів. Встановлено цільове використання зерна короткостеблових сортів жита озимого.

**Ключові слова:** стійкість до проростання зерна у колосі, пентозани, амілоза, білок, число падіння, хлібопекарська якість.

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Симоненко Н.В.**, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: ninaskoryk2@ukr.net, тел. 0675201275, ORCID: 0000-0001-9327-5828

**Левченко О.С.**, доктор філософії, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: feniks1213@gmail.com, тел. 0959070254, ORCID: 0000-0003-1639-326X

**Symonenko N.V.**, «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: ninaskoryk2@ukr.net, ph. 0675201275, ORCID: 0000-0001-9327-5828

**Levchenko O.S.**, Doctor of Philosophy, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: feniks1213@gmail.com, ph. 0959070254, ORCID: 0000-0003-1639-326X

**Голик Л.М.**, канд. с.-г. н., ст. н. сп., ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: holykselekcjoner@gmail.com, тел. 0672701209, ORCID: 0000-0002-7157-6520

**Holyk L.M.**, Candidate of agriculture science, senior scientist, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: holykselekcjoner@gmail.com, ph. 0672701209, ORCID: 0000-0002-7157-6520

Надійшла 20.03.2023

## СТВОРЕННЯ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ЕМБРІОКУЛЬТУРИ ТА ВІДДАЛЕНОЇ ГІБРИДИЗАЦІЇ В СЕЛЕКЦІЇ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ

Я.С. Рябовол, Л.О. Рябовол, І.П. Діордієва

Уманський національний університет садівництва (м. Умань, Україна)

**Мета.** Вдосконалення технології створення генетичного різноманіття зразків отриманих за віддаленої гібридизації пшениці м'якої озимої та пшениці спельта при залученні до селекційної схеми біотехнологічної ланки. **Методи.** Ефективним методом отримання нового вихідного матеріалу є віддалена гібридизація рослин. Дослідження проводили в лабораторії біотехнології Уманського національного університету садівництва впродовж 2018–2022 рр. Вихідною материнською формою слугували сорти пшениці м'якої озимої *Артемісія*, *Смуглянка*, *Золотоколоса*, батьківською формою – сорт спельти озимої *Зоря України*. Після гібридизації незрілі дванадцятидобові зародки висаджували на модифіковані варіанти живильного середовища MS і культивували за 25 °C в темних умовах до формування макроструктур. **Результати.** У результаті проведених досліджень удосконалено технологію отримання гібридного матеріалу за віддаленої гібридизації *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. і використання в селекційній схемі біотехнологічної ланки, що дає змогу подолати постгамну несумісність за віддаленого схрещування та отримати гібридні зразки для селекційного процесу. **Висновки.** Розроблено живильне середовище для розвитку незрілих гібридних зародків пшениці. Найвищий вихід проростків (40,0 % в середньому за генотипами) зафіксовано на модифікованому середовищі *Мурасіге–Скуга*, до складу якого вводили 1,5 мг/л 6–бензиламінопурину, 0,5 мг/л індолілоцтової кислоти, 1,0 мг/л гібереліну, 2,0 мг/л глютаміну, 2,0 мг/л гліцину, 0,5 мг/л серину, 100,0 мг/л мезоінозиту, 50,0 г/л сахарози. Відмічено, що індукція розвитку біоматеріалу з гібридних незрілих зародків є генетично обумовленим чинником. Показано, що за використання ембріокультури можна отримати генетичне різноманіття форм, яке доцільно використовувати джерелом генів окремих ознак.

**Ключові слова:** пшениця спельта, культура *in vitro*, морфогенез, живильне середовище, вихідний матеріал, гібридний матеріал.

**Вступ.** Розвиток селекції та ускладнення селекційно-генетичних напрямів потребує пошуку нових нетрадиційних підходів і методів, які б дали змогу виявити і реалізувати потенційні можливості рослинного організму та в короткі строки виділити новий вихідний матеріал, стійкий до несприятливих чинників навколишнього середовища конкретного регіону вирощування, і на його основі отримати високопродуктивні сорти та гібриди сільськогосподарських культур.

Інтенсифікація селекційного процесу можлива за умови удосконалення технологічної моделі за рахунок введення в загальну схему біотехнологічної ланки. Використання біотехнології істотно доповнює та прискорює процес створення нових зразків цінних культур, зокрема, пшениці м'якої озимої.

Використання біотехнологічних методів дає можливість прискорити отримання генетично ідентичних матеріалів та змінених його форм, проаналізувати закономірності успадкування ознак і причини мінливості організму [1–3]. Кожен із методів є невід'ємною важливою складовою загального біопроектного процесу, використання якого потребує модифікації для окремо визначеного генотипу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Реалізація конкретного типу морфогенезу в системі відтворення рослин *in vitro* детермінована, тобто забезпечується умовами культивування та морфогенетичними потенціями окремих органів донорської рослини. У зв'язку з цим потенційні можливості системи репродукції виду, що визначають відтворення та розмноження рослин у звичайних умовах,

мають важливе значення під час культивування в умовах *in vitro*.

Дослідження показують, що здатність відтворювати *in vitro* новий організм властива і статевим, і соматичним клітинам. В ізольованій культурі за створення експериментальних систем з визначеними, регульованими умовами, цілком проявляється властивість тотипотентності рослинних клітин [4; 5]. Морфологічний розвиток рослин-регенерантів із вегетативних і генеративних органів відбувається через пряму або непряму регенерацію з різних типів експланту (апикальних меристем, зародків, пиляків тощо).

Для розширення генетичного різноманіття та збільшення вихідного селекційного потенціалу в схемі гібридизації необхідно долучати географічно-віддалені форми, інші підвиди та види рослин.

Зокрема, з метою підвищення якості зерна пшениці м'якої озимої в системі гібридизації доцільно використовувати пшеницю спельту, зерно якої має високий потенціал якості (понад 20 % білка). Це може сприяти широкому формотворчому процесу, дозволить створити нові колекційні форми і на їх основі – високопродуктивні сорти з геномами, насиченими генами, що контролюють низку цінних ознак і властивостей. Такі схрещування, в силу генетичних відмінностей батьківських компонентів, дають можливість формувати гібридну популяцію з широкою мінливістю, в якій істотно зростає ймовірність утворення зразків з позитивними запрограмованими господарсько-цінними ознаками [6; 7].

Пшениця м'яка озима та пшениця спельта – самозапильні культури і проведення гібридизації особливо за участю генетично віддалених партнерів супроводжується високими бар'єрами несумісності та, як результат, – не зав'язування насіння. Подолати несумісність, зокрема постгамну, що виникає після запліднення і за своєю природою, може бути як генетичною, так і фізіологічною, можливо за використання саме біотехнологічних методів, що передбачає виділення та культивуванням гібридного зародка, в умовах *in vitro* [8]. Нині ембріокультура стає одним з дієвих способів розширення генетичного потенціалу злакових культур.

Найефективніший спосіб отримання гібридних рослин-регенерантів реалізується через дорошування, утвореного в гібридній зернівці зародка, який вицлюнується в конкретний термін після запилення та вводиться в ізольовану культуру [8; 9].

Інформації щодо використання біотехнологічних методів у селекції *Triticum spelta* L. в опублікованій літературі не знайдено. Тому потребує вивчення та аналізу процес культивування матеріалу *in vitro* з урахуванням видової та сортової належності вихідних форм.

**Метою досліджень** було вдосконалення технології отримання генетичного різноманіття зразків, створених за віддаленої гібридизації пшениці м'якої озимої та пшениці спельта за залучення до селекційної схеми біотехнологічної ланки.

Розмноження злакових культур в ізольованій культурі зазвичай проводять за використання соматичного ембріоїдогенезу. Цей метод передбачає індукцію з експланту морфогенної калюсної маси з наступною регенерацією в поверхневих тканинах ембріодів, з яких формуються соматоклони. Для ідентифікації та відбору генетично сталих матеріалів необхідно проводити регулярні цитологічний та біохімічний аналізи кожної сформованої рослини.

Основним питанням поставленим на вирішення було визначення фізико-хімічного балансу умов для культивування гібридних зародків, отриманих за схрещування *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L., в культуру *in vitro* та формування рослин-регенерантів.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження проводили в лабораторії біотехнології Уманського національного університету садівництва впродовж 2018–2022 рр.. Вихідною материнською формою слугували сорти пшениці м'якої озимої Артемісія, Смуглянка, Золотоколоса, батьківською формою – сорт спельти озимої Зоря України.

Для запилення колос рослини ізолювали та фіксували період цвітіння. Після запилення материнської форми, для прискорення росту гібридних зародків, на третю добу зав'язі обробляли розчином гіберелінової кислоти концентрацією 50 мг/л.

На дванадцятю добу квітування колосся зрізали та експонували за низької позитивної температури (+5°C) в темнових умовах впродовж двох діб. Було обрано культивування саме дванадцятидобових зародків, адже за результатами попередніх досліджень такий вік зародків дав можливість отримати найвищий відсоток виходу проростків з експлантів пшениці м'якої озимої за внутрішньовидової гібридизації.

Перед введенням в культуру *in vitro* біоматеріал стерилізували 0,1%-им розчином сулеми за

експозиції 20 хв та п'ятиразово промивали стерильною дистильованою водою.

Незрілі насінневі зародки разом із тканинами насінневого зачатку виділяли та висаджували на модифіковане живильне середовище Мурасіге-Скуга і культивували за 25°C в темних умовах до формування проростків (рис. 1). Варіанти середовища відрізнялись різними концентраціями рістактивуєчих речовин та амінокислот. Отримані проростки переносили в культуральну кімнату з 16-годинним фото-періодом та інтенсивністю освітлення 4–5 кЛк і культивували до формування рослин з трьома листками і розвиненими корінцями.

Статистичний аналіз проводили за використання прикладної програми Microsoft Excel 2010.

**Результати та їх обговорення.** У процесі досліджень встановлено, що інтенсивність розвитку створеного гібридного матеріалу в ізолюваній культурі істотно залежить від складу живильного середовища. Вміст, співвідношення та концентрація регуляторів росту в субстраті впливали на морфологічні процеси експлантів і стимулювали розвиток різних типів макроструктур, зокрема, проростків, калюсу, коренів тощо.

Найвищий вихід проростків із незрілих гібридних зародків пшениці зафіксовано на модифікованому середовищі за прописом Мурасіге-Скуга, до складу якого входили 1,5 мг/л 6-бензиламінопурину, 0,5 мг/л індолілоцтової кислоти, 1,0 мг/л гібереліну, 1,0 мг/л глютаміну, 1,0 мг/л гліцину, 0,5 мг/л сечину, 100,0 мг/л мезоінозиту, 50,0 г/л сахарози. Частка



Рис. 1. Введені в культуру *in vitro* дванадцятидобові незрілі зародки, отримані за гібридизації *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L.

регенерантів сягала 35,2 %, що істотно перевищувало показники інших варіантів.

Підвищення концентрації амінокислот, зокрема глютаміну та гліцину, до 2,0 мг/л стимулювало процес морфогенезу, що дало можливість для індукції формування проростків на рівні 40,2%. Доповнення живильного середовища амінокислотами в кількості 3,0 мг/л суттєвого впливу на вихід макроструктур з незрілих зародків не дало (рис. 2). Вихід проростків у середньому за генотипами сягав 40,9%.

Відмічено, що розвиток проростків із гібридних незрілих зародків є генетично обумовленим чинником. Зародки з комбінації схрещування пшениці м'якої озимої сорту Артемісія та пшениці спельта сорту Зоря України в ізолюваній культурі формували 48,6% проростків. За гібридизації сортів Смуглянка × Зоря України вихід матеріалу був істотно нижчим – 38,9%, а за комбінації схрещування Золотоколоса × Зоря України з експлантів індуквано лише 32,6% проростків.

Рослинний матеріал отриманий в ізолюваній культурі з незрілих зародків різних комбінацій схрещування відрізнявся й інтенсивністю росту та розвитку (рис. 3). Генотипи отримані за гібридизації Артемісія × Зоря України інтенсивніше формували вегетативну масу, аніж матеріали індуквані з експлантів інших комбінацій.

Підвищення концентрації цитокініну та використання кінетину концентрацією 1,0–2,0 мг/л призводило до формування калюсної тканини. Отриманий

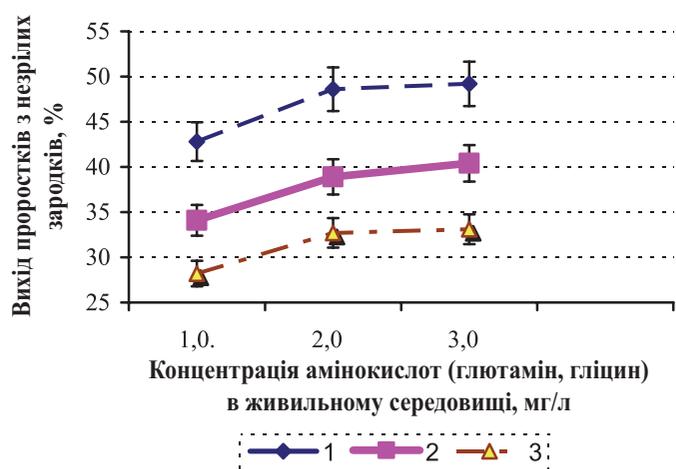


Рис. 2. Вплив концентрації амінокислот (глютамін, гліцин) на вихід проростків з незрілих зародків пшениці, отриманих за різної комбінації схрещування, виділених на дванадцять добу після запилення: 1 – Артемісія × Зоря України; 2 – Смуглянка × Зоря України; 3 – Золотоколоса × Зоря України

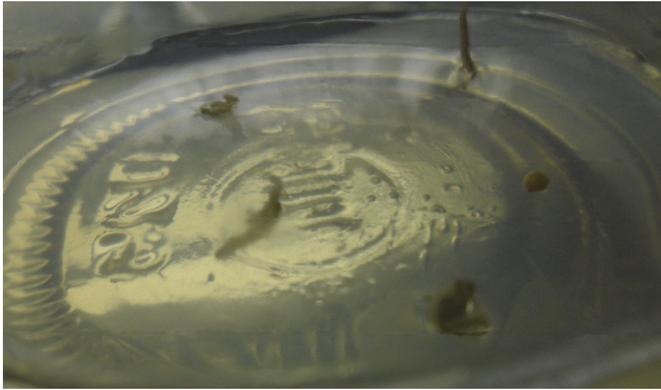


Рис. 3. Розвиток різних типів макроструктур з незрілих зародків, отриманих за гібридизації *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L.

із гібридних зародків калюс, зазвичай мав напівцільну консистенцію. Морфогенний калюс вирізнявся світлозеленим, зеленим та світлоричневим кольором. Регенерацію рослин спостерігали із калюсів

4–6 пасажів за перенесення їх на регенераційні середовища. Індукцію рослин з калюсної біомаси отримано шляхом органогенезу та соматичного ембріодогенезу (табл. 1). Однак більшу кількість матеріалу отримано шляхом органогенезу (11,7–25,6%).

Підтверджено, що морфогенез калюсної тканини є генетично обумовленим чинником. Регенерацію рослин з калюсу, отриманого з гібридних зародків комбінації схрещування Артемісія × Зоря України, зафіксовано на рівні  $34,9 \pm 2,1$ , а із штаблів, індукованих із зародків комбінацій схрещування Смуглянка × Зоря України та Золотоколоса × Зоря України, – відповідно,  $21,3 \pm 1,9$  і  $11,7 \pm 1,2$ %.

Інтенсивність формування рослинного матеріалу з калюсу та інтенсивність розвитку сформованих рослин-регенерантів також різнились за варіантами. За цими показниками істотно вирізнялись

Таблиця 1. Регенерація рослин за морфогенезу калюсу, отриманого з гібридних зародків пшениці озимої

Комбінація схрещування	Частота регенерації рослин з калюсу, %		Загальна частка регенерації, %	Інтенсивність формування рослинного матеріалу з калюсу	Інтенсивність розвитку рослин-регенерантів
	за органогенезу	за соматичного ембріодогенезу			
Артемісія × Зоря України	$25,6 \pm 2,1$	$9,3 \pm 1,2$	$34,9 \pm 2,1$	+++	+++
Смуглянка × Зоря України	$16,7 \pm 1,9$	$4,6 \pm 1,3$	$21,3 \pm 1,9$	++	++
Золотоколоса × Зоря України	$11,7 \pm 1,2$	$0,0 \pm 0,0$	$11,7 \pm 1,2$	+	++
У середньому за генотипами	$18,0 \pm 1,7$	$4,6 \pm 0,8$	$22,6 \pm 1,7$	–	–

Примітка. Інтенсивність розвитку: «+++» – висока; «++» – середня; «+» – низька.

Таблиця 2. Плоїдність рослин пшениці, отриманих з гібридних зародків за морфогенезу в культурі *in vitro*

Комбінація схрещування	Частка рослин-регенерантів, %							
	отриманих за органогенезу				отриманих за соматичного ембріодогенезу			
	2n	3n	Анеуплоїди	Химери	2n	3n	Анеуплоїди	Химери
Артемісія × Зоря України	90,9	1,8	4,2	3,1	95,7	2,1	2,2	0,0
Смуглянка × Зоря України	84,7	2,0	5,4	7,9	95,8	1,8	2,4	0,0
Золотоколоса × Зоря України	81,1	2,3	7,3	9,3	93,6	1,7	4,7	0,0
$HP_{01}$	2,3	0,5	1,1	2,4	2,0	0,7	1,2	–

генотипи отримані із гібридних зародків комбінації схрещування Артемісія × Зоря України.

Отриманий матеріал відрізнявся за низкою морфологічних ознак. Цитологічний аналіз підтвердив генетичне різноманіття створеного біоматеріалу за плоідністю та морфологією хромосом (табл. 2).

Дослідження метафазних пластинок соматичних клітин рослин-регенератів показало, що більшість отриманого матеріалу було диплоїдним і мало збалансований набір хромосом  $2n = 42$ . За соматичного ембріодогенезу індуковано 93,6–95,8 % диплоїдних рослин, а за органогенезу – істотно менше, 81,1–90,9%.

Не залежно від типу морфогенезу та генотипу експланту триплоїдну природу мав невеликий відсоток зразків (1,7–2,4 %). Ці рослини фенотипово відрізнялись широкою листковою пластинкою та потовщеним гіпокотилем.

За органогенезу формувалась значна кількість анеуплоїдів (4,2–7,3 %) і химер (3,1–9,3 %), які в ізольованій культурі мали низьку інтенсивність росту та розвитку. Однак за тривалого культивування таких форм у культурі *in vitro* за дії екзогенних чинників спонтанно відновлювався генетичний баланс клітин окремої частки біоматеріалу. Ці зразки можуть мати нові маркерні ознаки та слугувати джерелом вихідного матеріалу в селекційному процесі.

Також встановлено, що плоідність рослин, отриманих із гібридних зародків істотно залежить від генотипу вихідного матеріалу.

## Висновки

Удосконалено технологію отримання гібридного матеріалу за віддаленої гібридизації *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L. і використання в селекційній схемі біотехнологічної ланки, що дає змогу подолати постгамну несумісність за віддаленого схрещування та отримати гібридні зразки для селекційного процесу.

Розроблено живильне середовище для розвитку незрілих гібридних зародків пшениці. Найвищий вихід проростків (40,0 % в середньому за генотипами) зафіксовано на модифікованому середовищі Мурасіге–Скуга, до складу якого вводили 1,5 мг/л 6-бензиламінопурину, 0,5 мг/л індолілоцтової кислоти, 1,0 мг/л гібереліну, 2,0 мг/л глютаміну, 2,0 мг/л гліцину, 0,5 мг/л серину, 100,0 мг/л мезоінозиту, 50,0 г/л сахарози.

З гібридних зародків пшениці індуковано калюсну тканину та за морфогенезу отримано рослини-регенеранти. Частка регенерації в середньому за генотипами становила 22,6 %.

Відмічено, що індукція розвитку біоматеріалу з гібридних незрілих зародків є генетично обумовленим чинником.

Показано, що за використання ембріокультури можна отримати генетичне різноманіття форм, яке доцільно використовувати джерелом генів окремих ознак.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кунах В.А. Механізми та деякі закономірності соматоклональної мінливості рослин. *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*. 2003. № 1. С. 101–106.
2. Кушнір Г. П., Сарнацька В. В. Стан і перспективи клонального мікророзмноження рослин в Україні. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть*. Київ: Логос, 2001. Т. 1. С. 484–500.
3. Левенко Б. А. Трансгенные растения: современное состояние, проблемы, перспективы. Київ: Дошкольник, 2000. 304 с.
4. Vajji M., Lutts S., Kinet J. Physiological changes after exposure to and recovery from polyethylene glycol induced water deficit in callus cultures issued from durum wheat (*Triticum durum*) cultivars differing in drought resistance. *J.Plant Physiol*. 2001. 156. P. 75–83.
5. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., Парій Ф. М. Проліферація апікальної меристеми жита озимого в культурі *in vitro*. *Агробіологія: Збірник наукових праць Білоцерківського НАУ*. 2011. № 5 (84). С. 41–45.
6. Игнатова С.А. Биотехнологические основы получения гаплоидов, отдалённых гибридов и соматических регенерантов зерновых и бобовых культур в различных системах *in vitro*: автореф. Дис. д-ра біол. наук: 03.00.20. Южный биотехнологический центр в растениеводстве УААН. Одесса, 2004. 425 с.
7. Рябовол Я.С., Рябовол Л.О. Залежність показника зав'язування насіння пшениці м'якої озимої від періоду запилення. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції *Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур*. Дніпро, 2016. С. 162–164.

8. Рябовол Я.С., Рябовол Л.О. Створення банку вихідного матеріалу жита озимого за використання біотехнологічних методів. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції *Актуальні питання сучасної аграрної науки*. Умань, 2015. С. 102–103.
9. Дубровна О.В., Моргун Б.В. Клітинна селекція пшениці на стійкість до стресових чинників довкілля. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2009. Т. 41. № 6. С. 46–53.

## REFERENCES

1. Kunakh V.A. (2003). Mechanisms and some patterns of somaclonal variability in plants. *Bulletin of the Ukrainian Society of Geneticists and Breeders*, 1, 101–106 [in Ukrainian].
2. Kushnir G.P., Sarnatska V.V. (2001). Status and prospects of clonal micropropagation of plants in Ukraine. Genetics and breeding in Ukraine on the verge of millennia. Kyiv: Logos. Vol. 1. P. 484–500 [in Ukrainian].
3. Levenko B.A. (2000). Transgenic plants: current state, problems, prospects. Kyiv: Doshkolnyk. 304 p. [in Russian].
4. Bajji M., Lutts S., Kinet J. (2001). Physiological changes after exposure to and recovery from polyethylene glycol induced water deficit in callus cultures issued from durum wheat (*Triticum durum*) cultivars differing in drought resistance. *J. Plant Physiol.*, 156, 75–83 [in English].
5. Ryabovol L.O., Ryabovol I.S., Parii F.M. (2011). Proliferation of the apical meristem of winter rye *in vitro* culture. *Agrobiologia: Collection of Scientific Works of Bilotserk National University of Science and Technology*, 5 (84), 41–45 [in Ukrainian].
6. Ignatova S.A. (2004). Biotechnological basis of obtaining haploids, distant hybrids and somatic regenerants of grain and leguminous crops in different systems *in vitro*: Author's abstract. Diss. Dr. Biol. Sciences: 03.00.20. The Southern Biotechnological Center in Plant Breeding of the Ukrainian Academy of Sciences. Odessa. 425 p. [in Russian].
7. Ryabovol I.S., Ryabovol L.O. (2016). Dependence of the index of seed setting of soft winter wheat from the period of pollination. Materials of the International scientific and practical conference State and prospects of development and implementation of resource-saving, energy-saving technologies for growing agricultural crops. Dnipro. P. 162–164 [in Ukrainian].
8. Ryabovol I.S., Ryabovol L.O. (2015). Creation of a bank of pre-breeding material of winter rye using biotechnological methods. Materials of the 3rd International Scientific and Practical Conference Current Issues of Modern Agrarian Science. Uman. P. 102–103 [in Ukrainian].
9. Dubrovna O.V., Morgun B.V. (2009). Cell selection of wheat for resistance to environmental stress factors. *Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants*, 41, 6, 46–53 [in Ukrainian].

### Ryabovol I.S., Ryabovol L.O., Diordieva I.P.

#### *Creation of initial material using embryoculture and remote hybridization in the breeding of winter bread wheat*

**Aim.** The research was to improve the technology of creating genetic diversity of samples obtained by remote hybridization of soft winter wheat and speltum wheat with using the biotechnological link in the selection scheme.

**Methods.** Remote hybridization of plants is an effective method of obtaining new starting material. The research was conducted in the biotechnology laboratory of the Uman National University of Horticulture during 2018–2022. The initial maternal form was the soft winter wheat varieties *Artemisia*, *Smuglyanka*, *Zolotokolosa* and the parental form was the winter spelt variety *Zorya Ukrainy*. After hybridization, immature twelve-day-old embryos were planted on modified versions of MS nutrient medium and cultivated at 25 °C in the dark until macrostructures were formed.

**Results.** The technology of obtaining hybrid material by remote hybridization of *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. and its use in the selection scheme of the biotechnological link has been improved. **Conclusions.** A nutrient medium for the development of immature hybrid wheat germs has been developed. The highest yield of seedlings (40.0% on average by genotype) on the modified Murashige-Skug medium, which included 1,5 mg/l 6-benzylaminopurine, 0,5 mg/l indolylacetic acid, 1,0 mg/l gibberellin, 2,0 mg/l glutamine, 2,0 mg/l glycine, 0,5 mg/l serine, 100,0 mg/l meso-inositol, 50,0 g/l sucrose was recorded. It was noted that the induction of the development of biomaterial from hybrid immature embryos is a genetically determined factor. The possibility of obtaining genetic diversity of forms that can be used by donors of genes of individual traits using embryo culture was shown.

**Key words:** spelled wheat, culture *in vitro*, morphogenesis, nutrient medium, starting material, hybrid material.

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Рябовол Я.С.**, доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва, Уманський національний університет садівництва, e-mail: liudmila1511@ukr.net, ORCID : 0000-0003-4325-5313

**Рябовол Л.О.**, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології, Уманський національний університет

**Riabovol Ia.S.**, doctor of agricultural sciences, associate professor in the department of cropproduction, Uman national university of horticulture, e-mail: liudmila1511@ukr.net, ORCID : 0000-0003-4325-5313

**Riabovol L.O.**, doctor of agricultural sciences, professor, head of the department of genetics, plant breeding and biotechnology, Uman national university of horticulture,

садівництва, e-mail: liudmila1511@ukr.net ,ORCID : 0000-0002-5885-2180

**Діордієва І.П.**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології, Уманський національний університет садівництва, e-mail: diordieva201443@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8534-583

e-mail: liudmila1511@ukr.net, ORCID : 0000-0002-5885-2180

**Diordieva I. P.**, PhD in agriculture, associate professor in the department of genetics, plant breeding and biotechnology, Uman national university of horticulture, e-mail: diordieva201443@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8534-583

*Надійшла 10.03.2023*

**Наукове видання**

# **Землеробство та рослинництво: теорія і практика**

*науково-теоретичний журнал*

**Випуск 1 (7) 2023**

Підписано до друку 30.03.2023.  
Формат 60x84/8. Папір офсетний.  
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 12,79.  
Обл.-вид. арк. 8,23.  
Наклад 50 пр. Зам. № .

Видавець та виготовлювач ТОВ «ТВОРИ».  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів  
видавничої продукції серія ДК № 6188 від 18.05.2018 р.  
21027, м. Вінниця, вул. Келецька, 51а, прим. 143.  
Тел.: (096) 973-09-34, (093) 891-38-52.  
e-mail: [info@tvoru.com.ua](mailto:info@tvoru.com.ua)  
<http://www.tvoru.com.ua>

## ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ У ЖУРНАЛІ ЗЕМЛЕРОБСТВО ТА РОСЛИННИЦТВО: ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА

1. Представлені для публікації статті мають бути оригінальними (раніше не опублікованими в інших виданнях), в яких висвітлено результати наукових досліджень зі статистичною обробкою даних, що мають теоретичне та/чи практичне значення, а також є актуальними, відповідати профілю журналу та мати новизну.

Статті оглядового характеру публікуються за авторства провідних українських та зарубіжних учених, відомих фахівців у своїй галузі, як правило, докторів наук.

Статті подаються українською та англійською мовою.

2. До розгляду приймаються наукові статті обсягом від 10 до 20 сторінок, включаючи анотації, таблиці, рисунки та бібліографічні списки. Якщо стаття містить вагомий науковий результат, за рішенням редакційної колегії її обсяг може бути збільшено.

Формат паперу – А4, орієнтація – книжкова, поля з усіх сторін – 20 мм, міжрядковий інтервал – 1,5, кегль шрифту – 14, гарнітура – Times New Roman, абзац – 1,25 см (не допускається створення абзацного відступу за допомогою клавіші Tab і знаків пропуску); текст вирівнюється по ширині. Обов'язковим є використання в тексті тире, а не дефіса між цифрами на означення кількісних меж від...до (напр., 3–5 га) або часового інтервалу (напр., 2010–2015 рр.).

3. Структура статті:

Тематична рубрика (напр., «Землеробство», «Меліорація», «Ґрунтознавство», «Агрохімія», «Сільськогосподарська мікробіологія», «Агроєкологія», «Рослинництво», «Кормовиробництво», «Луківництво», «Селекція», «Генетика», «Біотехнологія», «Насінництво»):

- індекс УДК (*вирівнювання відповідно до лівого краю*);
- назва статті українською мовою (*вирівнювання по центру, напівжирний шрифт, великі літери*);
- ініціали та прізвище авторів, місце роботи/навчання (із вказанням міста, країни). Якщо автори з різних установ, то після прізвищ та назв установ, у яких вони працюють/навчаються, слід проставити однаковий верхній цифровий індекс;
- анотація (українська мова, обсяг 200–250 слів, або 1800–2000 знаків з пробілами, курсив, а також містити мету, методи, результати, висновки) повинна бути інформативною і змістовною. Має відображати вихідні дані, методологію та результати проведення досліджень, висновки та сферу застосування результатів. Не допускається використання невизначених скорочень або не вказаних посилань;
- ключові слова (5–10 слів), жодне з яких не дублює слова з назви статті;
- текст статті із урахуванням необхідних елементів (пункт 4);
- література;
- references;
- анотація (не менше 2000 знаків) та ключові слова англійською мовою (прізвища й ініціали авторів та назва статті обов'язково мають бути перекладені).
- відомості про авторів українською, англійською мовами.