

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ**

**АГРОЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА
ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ**



Оброшине, 2024

УДК 633.16:632.26:632.9; 316.422:633.11:631.53.01./02;631.576.3;
001.5:502:504:631:4.5.8:633; 631.811:633.491:635.21; 631.816.1: 631.415.2: 631.445.3;
633.2.031: 631.51: 631.811.98; 633.1:633.367

Авторський колектив:

Галина БІЛОВУС (1), Ігор ВОЛОЩУК (2),
Петро ГНАТІВ (3), Роман ІЛЬЧУК (4), Юрій ОЛІФІР (5),
Данило ПУКАЛО (6), Наталія РУДАВСЬКА (7)

*Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради
Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН
(протокол № 10 від 30 грудня 2024 р.)*

Рецензенти:

*Андрій Дзюбайло, доктор с.-г. наук, професор;
Володимир Лихочвор, доктор с.-г. наук, професор,
член-кореспондент НААН*

Агроекологічні основи сільськогосподарського виробництва Західного регіону : монографія [Г. Біловус, І. Волощук, П. Гнатів, Р. Ільчук, Ю. Оліфір, Д. Пукало, Н. Рудавська]. Оброшине : Видавництво Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, 2024. с. 268

ISBN 978-617-95314-9-1

© Галина Біловус, Ігор Волощук, Петро Гнатів,
Роман Ільчук, Юрій Оліфір,
Данило Пукало, Наталія Рудавська, 2024
© Видавництво Інституту сільського господарства
Карпатського регіону НААН України, 2024

Про авторів

1. **Галина БІЛОВУС**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, кандидат сільськогосподарських наук, ORCID ID: 0000-0001-7527-5832 – *Частина 1*
2. **Ігор ВОЛОЩУК**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, доктор сільськогосподарських наук, ORCID ID: 0000-0002-2944-8656 – *Частина 2*
3. **Петро ГНАТІВ**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, доктор біологічних наук, професор, ORCID ID: 0000-0003-2519-3235 – *Частина 3*
4. **Роман ІЛЬЧУК**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, доктор сільськогосподарських наук, ORCID ID: 0000-0002-3524-4844 – *Частина 4*
5. **Юрій ОЛІФІР**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, кандидат сільськогосподарських наук, ORCID ID: 0000-0002-7920-1854 – *Частина 5*
6. **Данило ПУКАЛО**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, науковий співробітник, ORCID ID: 0000-0001-5627-659X – *Частина 6*
7. **Наталія РУДАВСЬКА**, Інститут сільського господарства, Карпатського регіону НААН, кандидат сільськогосподарських наук, ORCID ID: 0000-0002-4443-5319 – *Частина 7*

ЗМІСТ

ЧАСТИНА 1

РИНХОСПОРІОЗ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО ТА ЗАХОДИ З ОБМЕЖЕННЯ ЙОГО РОЗВИТКУ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО.....	6
Вступ.....	6
Вплив біологічних та хімічних препаратів на обмеження розвитку ринхоспоріозу на ячмені озимому...	23

ЧАСТИНА 2

ІННОВАЦІЙНІ РОЗРОБКИ З ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА НАСІННЯ.....	35
Вступ.....	35
2.1. Вплив попередників на формування насінневої продуктивності сортів.....	41
2.2. Реакція сортів на строки сівби.....	44
2.3. Ефективність застосування макро- і мікродобрих у технології вирощування пшениці м'якої озимої.....	48
2.4. Економічна ефективність вирощування базового насіння пшениці м'якої озимої за різних агротехнологічних заходів.....	63

ЧАСТИНА 3

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО АГРОЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ.....	
Вступ.....	70
3.1. Структура та функціонування систем.....	70
3.2. Системи та середовища.....	85
3.3. Агроекосистеми	98
	106

ЧАСТИНА 4

ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ЗА ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ РІЗНИХ ГРУП СТИГЛОСТІ.....	119
Вступ.....	119

ЧАСТИНА 5

ВПЛИВ ТРИВАЛИХ АНТРОПОГЕННИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ВМІСТ РУХОМОГО АЛЮМІНІЮ В ЯСНО-СІРОМУ ЛІСОВОМУ ПОВЕРХНЕВО ОГЛЕСНОМУ ҐРУНТІ.....	146
Вступ.....	146

ЧАСТИНА 6

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ БОБОВО-ЗЛАКОВИХ АГРОФІТОЦЕНОЗІВ НА СХИЛОВИХ ЗЕМЛЯХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....	176
Вступ.....	176

ЧАСТИНА 7

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ СІВБИ.....	206
Вступ.....	206
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	235

ЧАСТИНА 1

РИНХОСПОРІОЗ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО ТА ЗАХОДИ З ОБМЕЖЕННЯ ЙОГО РОЗВИТКУ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

Вступ

Ячмінь озимий є важливою стратегічною культурою в Україні. Він є однією із найцінніших культур за обсягом використання продукції у народному господарстві, має досить високу рентабельність, вирощування якого потребує мінімальних затрат^{1, 2}.

Сучасний рівень зернового господарства потребує значного підвищення врожайності та якості зерна. Отримання високих врожаїв озимих зернових культур на території України стає дедалі складнішим завданням для аграріїв, оскільки дуже змінилися погодно-кліматичні умови на території нашої країни³.

У зерновому балансі серед хлібних злаків ячмінь озимий є досить поширеною культурою і має ряд переваг порівняно з ячменем ярим, проте він більш вибагливий до агротехніки, сильніше уражується хворобами⁴.

Поряд із перевагами ячмінь озимий має недоліки, а зокрема низьку зимостійкість і морозостійкість, які несуть потенційні ризики пошкодження рослин, стримують розширення площ цієї культури^{5, 6}.

Зміни кліматичних умов вирощування ячменю озимого, підвищення температури та мінливість надходження опадів, розширення асортименту новітніх пестицидів і неконтрольоване їх застосування у технологіях захисту рослин, а також порушення традиційних систем ведення землеробства характеризують сучасний

¹ Linchevskiy A. A., Legkun I. B. New attitude to barley culture and selection in conditions of climate change. *Herald of Agrarian Science*. 2020. No. 9 (810). P. 34–42.

² Demidov O. A., Gudzenko V. M., Vasyukivskiy S. P. (2016). The influence of meteorological conditions of the growing season on the yield of winter barley in the Forest Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*. No. 4 (33). P. 39–44.

³ Petrychenko V., Lykhochvor V. Crop production. New technologies for growing field crops. 5th species. 2020. Kyiv, 806 p.

⁴ Rudnyk-Ivashchenko O. I. Peculiarities of growing winter crops under climate change. *Variety research and protection of plant variety rights*. 2012. No. 2. P. 8–10.

⁵ Gudzenko V. M. Assessment of breeding lines of winter barley in terms of productivity and adaptability in the conditions of the forest-steppe of Ukraine. *Breeding and seed production*. 2014. Issue 106. P. 13–23.

⁶ Borzykh O. I., Fedorenko V. P. Modern problems of phytosanitary status of agrobiocenosis in Ukraine. 2016. *Protection and quarantine of plants*. Issue 62. P. 3–17.

фітосанітарний стан посівів і безпосередньо впливають на розвиток, поширення патогенів та ефективність заходів боротьби з ними ^{7, 8, 9}.

Фітосанітарний стан посівів ячменю озимого ускладнився внаслідок збільшення питомої ваги зернових культур у сівоzmінах. Набули поширення окремі види фітопатогенів, а викликані ними хвороби за сприятливих умов мають епіфітотійний розвиток ¹⁰.

Найбільш поширеними хворобами листя ячменю озимого, які спричиняють потенційно найвищі втрати урожаю є: ринхоспоріоз, темно-бура та сітчаста плямистості, борошниста роса. Втрата врожаю при інтенсивному ураженні сітчастою плямистістю сягає від 30 до 50 %, ринхоспоріозом – 25–30 %; темно-бурою – 15–20 % ^{11, 12, 13}.

Облямівкова плямистість або ринхоспоріоз – (збудник – *Rhynchosporium graminicola* Heinsen). Зовнішні ознаки захворювання на сходах проявляються у вигляді невеликих сіро-зелених водянистих, а пізніше сірувато-білих, більш овальних або неправильної форми плям із темно-бурою облямівкою. Пізніше плями розростаються на всю ширину листової пластинки, в місцях ураження пластинка згинається, що призводить до затримки росту і розвитку.

На дорослих рослинах хвороба проявляється на листках спочатку у вигляді дрібних сіро-зелених плям, які швидко розростаються, набувають неправильної форми. Спочатку вони водянисті, потім підсихають, світліють у центрі, а по краях утворюється темно-бура облямівка. З нижнього боку листка в місцях ураження формуються у вологу погоду сіро-блакитні дрібні подушечки – конідіальне спороношення збудника хвороби. Ураженні листки передчасно

⁷ Delcour I., Spanoghe P., Uyttendaele M. Literature review: Impact of climate change on pesticide use. *Food Research International*. 2015. V. 68. P. 7–15.

⁸ Sahar Abdou Zayan. Impact of Climate Change on Plant Diseases and IPM Strategies. 2019. 10 p.

⁹ Agriculture of the 21st Century – Problems and Solutions / V. F. Kaminsky et al. 2015. Kyiv : Edelweiss. 272 p.

¹⁰ Bilovus H. Chapter 4. Fungal diseases of winter barley under conditions of the Western Forest-Steppe. Collective monograph. Sustainable Development of the Agricultural Sector of Foothill Regions / ed. Oleh Stasiv. LAPLAMBERT Ac. Publ., 2020. P. 81–104.

¹¹ Smetanko O. V. The influence of agrotechnical methods of growing winter wheat and barley on disease damage, accumulation of nutrients and grain yield in the agrometeorological conditions of the Southern Steppe. Herald of agrarian science of the southern region. *Agricultural and biological sciences*. 2010. Issue 11. P. 84–90.

¹² Bilovus H. Ya. Evaluation of winter barley variety samples for resistance to foliar disease pathogens and productivity. *Herald of Agrarian Science*. 2022. No. 3 (828). P. 20–27.

¹³ Basics of selection of field crops for resistance to harmful organisms : training. Manual / edited by V. V. Kirichenko, V. P. Petrenkova; NAAS, Institute of Plant Science named after V. Ya. Yuryeva, National Agrarian University named after V. V. Dokuchaeva. 2012. Kharkiv, 320 p.

відмирають. У суху спекотну погоду ознаки захворювання стають дуже подібними до опіків листків. При високій вологості повітря у фази наливання-дозрівання зерна їх можна виявити й на зерні у вигляді світло-коричневих плям із темно-бурою облямівкою.

Інкубаційний період залежно від температури повітря і стійкості сорту коливається в межах 5–14 діб. За умов вологої погоди з частими дощами й температури повітря +16–20 °С розвиток захворювання може набути епіфітотійного характеру.

Основне джерело інфекції – грибниця в уражених тканинах рослин озимого ячменю, в уражених рештках, а також у зараженому насінні.

Шкідливість хвороби проявляється у зменшенні асиміляційної поверхні рослин, що призводить до зниження їх продуктивності, різкого погіршення пивоварних якостей зерна. Недобір урожаю може сягати 3–4 ц/га, у роки епіфітотій – до 10 ц/га і більше^{14, 15, 16}.

Складна економічна ситуація, що склалася в сільськогосподарському виробництві, диктує пошук шляхів зниження витрат і більш ефективного використання наявних ресурсів. Одним з напрямків у вирішенні цього завдання є адаптація теперішніх технологій і добір сортів для конкретних ґрунтово-кліматичних умов із зимостійкістю та стійкістю до хвороб¹⁷.

Впровадження у виробництво сортів, які забезпечують високий і стабільний урожай в різних природно-кліматичних умовах є найбільш ефективним і економічно виправданим напрямком¹⁸.

В агроценозі ячменю озимого постійно проходить поява і розмноження нових рас патогенів, зміна його вірулентності, завдяки чому відбувається втрата сортами стійкості. Час стійкості сорту

¹⁴ Bilovus G. Ya. The influence of abiotic factors on the development of main diseases of winter wheat in the conditions of the Western Forest-Steppe. *Foothill and Mountain Agriculture and Livestock*. 2022. Issue 71 (2). P. 8–20.

¹⁵ Agricultural science – production: agronomy / edited by Stasiv O. Obroshyne : Publishing House of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the NAAS, 2023. 452 p.

¹⁶ Recommendations for limiting the harmfulness of the main diseases of winter barley during climate change / H. Ya. Bilovus et al. Obroshyne: Publishing House of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the NAAS, 2023. 28 p.

¹⁷ Linchevskyi A. A. Barley – the source of a healthy lifestyle for modern people. *Herald of Agrarian Science*. 2017. No. 12. P. 14–21

¹⁸ Demidov O. A., Gudzenko V. M., Khomenko L. O. Optimization of approaches to the assessment of frost resistance of breeding material of winter barley. *Myronivsky herald*. 2016. Issue 2. P. 56–68.

залежить від біології патогена й активності еволюції в його популяціях та від механізмів стійкості, які закладені в рослинах^{19, 20}.

Важливою характеристикою сорту є його здатність знижувати швидкість розвитку захворювання і стримувати розвиток епіфітотій. За допомогою стійких сортів можна значно покращити екологічну характеристику агроценозів, знизити собівартість та підвищити рентабельність виробництва ячменю озимого²¹.

Основною проблемою селекції на сучасному етапі є забезпечення селекційного процесу джерелами та донорами з груповою стійкістю до хвороб, оскільки ячмінь озимий потрапляє під вплив потужного комплексу шкодочинних патогенів^{22, 23}.

Отже, захист ячменю озимого від збудників хвороб є однією із головних ланок технології вирощування^{24, 25}.

При виборі фунгицидів перевагу слід віддавати екологічно безпечнішим (з малою нормою витрати), економічно вигідним (з низькою ціною), ефективним препаратам з високою технічною ефективністю), з широким спектром впливу проти збудників хвороб ячменю^{26, 27}.

Експериментально доведено, що при високій ураженості посівів хворобами грибної етіології ефективним є обприскування. Але інтенсивне та необґрунтоване застосування хімічних засобів захисту

¹⁹ Monitoring of the phytopathogenic complex of grain crops of the northeastern forest-steppe of Ukraine / V. I. Tatarynova et al. *Bulletin of the Sumy National Agrarian University*. 2013. Issue 3 (25). P. 29–33.

²⁰ Priorities in the selection of barley (*Hordeum vulgare* L.) for modern conditions of grain production in Ukraine / A. A. Linchevsky et al. Collection of scientific works of the SGI-NCNS. 2017. Issue 30 (70). P. 23–39.

²¹ Vasylykivskyi V. Ya., Sabadin V. Ya. Resistance of spring barley plants to diseases depending on the genotype of the variety. *Myronivskyi herald*. 2015. Issue 1. P. 156–169.

²² Peculiarities of realizing the productivity potential of winter and spring barley varieties in the Northern Steppe of Ukraine / A. D. Hyrka et al. *Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2016. No. 10. P. 110–114.

²³ Vasylykivskyi S., Gudzenko V. Winter barley selection in steady grain production provision in the Central Forest-steppe of Ukraine. *Agrobiology*. 2017. No. 1. P. 25–33.

²⁴ Effectiveness of biological and chemical fungicides in the control of fungal disease pathogens in winter barley crops under irrigated conditions / R. A. Vozhegova et al. 2021. *Bulletin of Agrarian Science*. No. 11. P. 67–74.

²⁵ Markov I. L. Protection of winter barley from diseases. *Agribusiness Today*. 2019. No. 9. P. 7.

²⁶ Scientific and practical recommendations on the effectiveness of protective measures against harmful organisms on winter barley crops / H. Ya. Bilovus et al. Obroshyne: Publishing House of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS, 2023. 36 p.

²⁷ Effectiveness of complex treatments of winter barley crops against diseases / O.V. Chaika et al. *Bulletin of the Zhytomyr National Agroecological University*. 2015. No. 2 (1). P. 120–127.

рослин породжує низку негативних наслідків: забруднення довкілля, знищення корисної ентомофауни, утворення мутацій, прискорює формування резистентних популяцій, призводить до отруєння людей тощо. Зараз актуальним і перспективним вважається сумісне застосування пестицидів як між собою, так і з іншими продуктами хімізації^{28, 29}.

В. П. Патика та інші вітчизняні вчені у своїх працях^{30, 31, 32, 33} відзначають, що проблема використання пестицидів у рослинництві пов'язана із необхідністю балансувати між корисною та шкідливою їх дією на навколишнє середовище.

З одного боку, при отриманні бажаного врожаю сьогодні без них неможливо обійтися, а з другого, пестициди завдають значної шкоди довкіллю та й самій людині. Це вимагає постійного вдосконалення препаратів, оптимізації норм витрат і технологій застосування.

Одним зі шляхів розв'язання цієї проблеми є використання сумішевих препаратів зі зменшеним вмістом активних компонентів і, у той самий час, високою біологічною активністю. Тим паче посилення здатності пестицидів утримуватися на рослинах протягом довгого часу та значне зменшення норм витрат їх вирішується шляхом додавання до них, стимуляторів росту, бактеріальних добрив, біофунгіцидів, липкогенних речовин тощо.

Таким чином, використання пестицидів повинне призводити не до руйнування агроценозів, а до їхньої корекції в напрямі оптимізації фітосанітарного стану.

На нашу думку, це пов'язано з тим, що дослідження виконувались у різних ґрунтово-кліматичних зонах, з різними сортами, на різному агрофоні й при різних технологіях вирощування ячменю озимого.

Саме тому, розробці ефективних заходів захисту рослин ячменю озимого від хвороб відводиться важливе місце, яке має великий науковий інтерес і практичну цінність.

²⁸ Tkalenko G. M. Biological products in plant protection. Modern agricultural technologies using biological products and growth regulators. *Special issue. Proposal*. 2015. P. 2 – 15.

²⁹ Markov I. L. System of integrated barley protection. *Agribusiness Today*. 2016. No. 1–2. P. 48–52.

³⁰ Ecology of microorganisms / V. P. Patyka et al. 2007. Kyiv : Osnova, 188 p.

³¹ Agroecological assessment of mineral fertilizers and pesticides: monograph / V. P. Patyka et al. ; ed. V. P. Patyka. 2005. Kyiv : Osnova, 300 p.

³² Technological aspects of growing agricultural crops / A. Shuvar et al. Obroshyne : Publishing House of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the NAAS, 2023. 118 p.

³³ Tkalenko G. M., Borzykh O. I., Ignat V. V. Current status of the use of biological plant protection products in agrocenoses of Ukraine. *Bulletin of Agricultural Science*. 2020. No. 12. P. 18–25.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводили в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН впродовж 2021–2023 рр. на сортах ячменю озимого за загальноприйнятими методиками в фітопатології (Kirichenko et al., 2012; Tribela, 2001).

В лабораторії захисту рослин для вивчення цього питання було закладено 2 дослідна.

Об'єктом дослідження досліду 1 були сорти ячменю озимого: Збруч, Валькірія, Снігова королева, Достойний, Статус, Дарій.

Обліки ураження ринхоспоріозом на природному фоні проводили у фазах: виходу в трубку, колосіння, молочна стиглість за загальноприйнятими методиками (Kirichenko et al., 2012)³⁴

Нами створено інфекційний фон обприскуванням рослин с. Збруч у фазі колосіння ранцевим обприскувачем суспензією спор збудника ринхоспоріозу (*Rhynchosporium graminicola* Heinsen), виділених із місцевої популяції збудника.

У фазі молочної стиглості етикетували по 30 рослин із різною інтенсивністю ураження – 0; 25; 50; 75; 90 % і обчислювали довжину колоса, кількість зерен у колосі, масу зерна з колоса, масу 1000 зерен.

Показник розвитку хвороби й шкідливість розраховували за загальноприйнятими формулами, які є в методиці³⁵

Розрахунок розвитку хвороби проводили за формулою:

$$P_x = \frac{\sum (a \cdot b) \times 100}{A \times K} (1),$$

де, P_x – розвиток хвороби, %;

a – кількість рослин з однаковими ознаками ураження;

b – відповідний цій ознаці бал ураження;

Σ – сума числових показників;

A – кількість облікових рослин (здорових і хворих);

K – найвищий бал шкали.

Шкідливість визначали за формулою:

$$K_B = \frac{100 - Y_x}{B} (2),$$

де, Y_x – урожай хворих рослин у відсотках до контролю;

³⁴ Basics of selection of field crops for resistance to harmful organisms: training. Manual / edited by V. V. Kirichenko, V. P. Petrenkova ; NAAS, Institute of Plant Science named after V. Ya. Yuryeva, National Agrarian University named after V.V. 2012. Dokuchaeva. Kharkiv, 320 p.

³⁵ Methodology of testing and application of pesticides / Under the editorship S. O. Tribela. 2001. Kyiv, 448 p.

Б – виявлення хвороби.

Для визначення впливу кліматичних факторів, а зокрема кількості опадів та температури на розвиток хвороби застосовували гідротермічний коефіцієнт (ГТК) у період квітень-липень ³⁶.

Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) Селянінова обчислюється за формулою:

$$\text{ГТК} = \frac{\Sigma R}{0,1 \Sigma T_{\geq 10}} (3),$$

де, ΣR – кількість опадів за аналізований період (місяць), мм;

$\Sigma T_{\geq 10}$ – суми температур повітря за період із середньою добовою температурою рівною і вище 10 °С.

Під час оцінювання агрокліматичних ресурсів даної території враховували, що ГТК у межах 1,0–1,5 характеризує оптимальне зволоження, більший від 1,5 – надмірне, менший від 1,0 – нестійке, менший від 0,5 – слабке.

На полях лабораторії захисту рослин був закладений дослід 2 за такою схемою:

1. контроль (абсолютний);
2. контроль (без обробки насіння) + $N_{30}P_{60}K_{60}$ (осіннє внесення) + (N_{20} + нутрімакс, IV етап + нітроТОП, VIII етап);
3. вінцит 050 CS (2,0 л/т) + $N_{30}P_{60}K_{60}$ (осіннє внесення) + (N_{20} + нутрімакс, IV етап + нітроТОП, VIII етап) + авіатор Хпро 225 ЕС, к.е. (0,8 л/га);
4. Бактофіт (2,0 л/т) + $N_{30}P_{60}K_{60}$ (осіннє внесення) + (N_{20} + нутрімакс, IV етап + нітроТОП, VIII етап) + бактофіт (2,0 л/га);
5. триходермін СК (2,0 л/т) + $N_{30}P_{60}K_{60}$ (осіннє внесення) + (N_{20} + нутрімакс, IV етап + нітроТОП, VIII етап) + триходермін СК (2,0 л/га);
6. Триходермін – 93 (2,0 л/т) + $N_{30}P_{60}K_{60}$ (осіннє внесення) + (N_{20} + нутрімакс, IV етап + нітроТОП, VIII етап) + триходермін – 93 (2,0 л/га);
7. бактофіт (2,0 л/т) + триходермін СК (2,0 л/т) + $N_{30}P_{60}K_{60}$ (осіннє внесення) + (N_{20} + нутрімакс, IV етап + нітроТОП, VIII етап) + бактофіт (2,0 л/га) + триходермін СК (2,0 л/га);
8. Бактофіт (2,0 л/т) + триходермін-93 (2,0 л/т) + $N_{30}P_{60}K_{60}$ (осіннє внесення) + (N_{20} + нутрімакс, IV етап + нітроТОП, VIII етап) + бактофіт (2,0 л/га) + триходермін-93 (2,0 л/га).

Повторність дослідів чотириразова, облікова площа – 100 м² (25 м² × 4 м), загальна кількість варіантів 8.

³⁶ Polyovy A. M., Bozhko L. Yu., Volvach O. V. Fundamentals of Agrometeorology. Odesa : Publishing House of the TES, 2012. 250 p.

Було проведено дворазове оприскування досліджуваними біологічними та хімічними фунгіцидами (І – 32 ВВСН, ІІ – 39 ВВСН).

Статистичну обробку експериментальних даних проводили за допомогою програм Microsoft Excel³⁷.

Технічну ефективність пестицидів розраховували за формулою³⁸.

$$Te = \frac{100 (B_k - B_o)}{B_k}, (4)$$

де, B_k – показник розвитку хвороби на контролі, %;

B_o – показник розвитку хвороби на обробленому варіанті, %.

Результати та обговорення. Метеорологічні умови, які склалися за час вегетаційного періоду ячменю озимого у 2021–2023 рр. відрізнялися між собою за температурним режимом, кількістю та періодичністю випадання опадів, що своєю чергою відобразилось на появі та розвитку основних хвороб культури.

Погодні умови, які склалися впродовж вегетації ячменю озимого в роки досліджень були специфічні.

Кількість опадів перевищувала багаторічну норму: у вересні, грудні та січні за всі роки досліджень; у січні – у 2019 р.; в лютому – у 2021 р.; у березні – у 2023 р.; у квітні – у 2022 та 2023 рр.; у червні – у 2021 та 2023 рр. у травні – у 2019 та 2020 рр.; у липні – у 2023 р. Так, середньомісячна температура повітря перевищувала багаторічну у вересні – липні всі роки досліджень, крім квітня 2021–2022 рр. та вересня 2022 р. (табл. 1).

Таблиця 1

**Метеорологічні дані (Гідромеліоративний пост спостережень
ІСГ КР НААН), 2020–2022 рр.**

Показники	Роки, місяці							
	вересень				жовтень			
	Багат.	2020	2021	2022	Багат.	2020	2021	2022
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Т-ра, °С	13,1	15,3	13,3	12,2	8,0	11,1	8,4	10,9
Опади, мм	55	95,5	73,2	130,1	57	44,3	8,0	35,0
	листопад				грудень			
	Багат.	2020	2021	2022	Багат.	2020	2021	2022
	2	3	4	5	6	7	8	9
Т-ра, °С	2,4	4,2	4,8	4,2	-1,8	1,1	-1,6	0,5
Опади, мм	48	17,2	29,8	40,9	48	48,5	87,7	76,7

³⁷ Statistical analysis of the results of field experiments in agriculture / V. O. Ushkarenko et al. 2013. Kherson : Ailant, 378 p.

³⁸ Methodology and practice of using microbial preparations in technologies of growing agricultural crops / V. V. Volkogon et al. 2011. K. : Agrarna nauka, 156 p.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	січень				лютий			
Показники	Багат.	2021	2022	2023	Багат.	2021	2022	2023
Т-ра, °С	-4,6	-1,3	-0,7	2,2	-3,7	-2,1	1,8	0,4
Опади, мм	40	47,9	52,3	49,7	43	95,8	25,3	41,0
	березень				квітень			
Т-ра, °С	0,5	2,0	2,6	4,9	7,4	6,2	6,5	7,9
Опади, мм	44	43,1	17,3	60,8	51	39,9	82,0	84,2
	травень				червень			
Т-ра, °С	12,9	13,0	13,9	13,8	16,3	18,8	19,7	17,1
Опади, мм	85	55,4	24,3	20,3	93	97,3	31,3	106,3
	липень							
Т-ра, °С	17,5	21,9	19,5	20,0	—	—	—	—
опади, мм	102	94,2	85,8	134,0	—	—	—	—

Слід відзначити, що погодні умови впродовж вегетації ячменю озимого в 2020–2021 рр. були специфічні (табл. 1, рис. 1, 2).

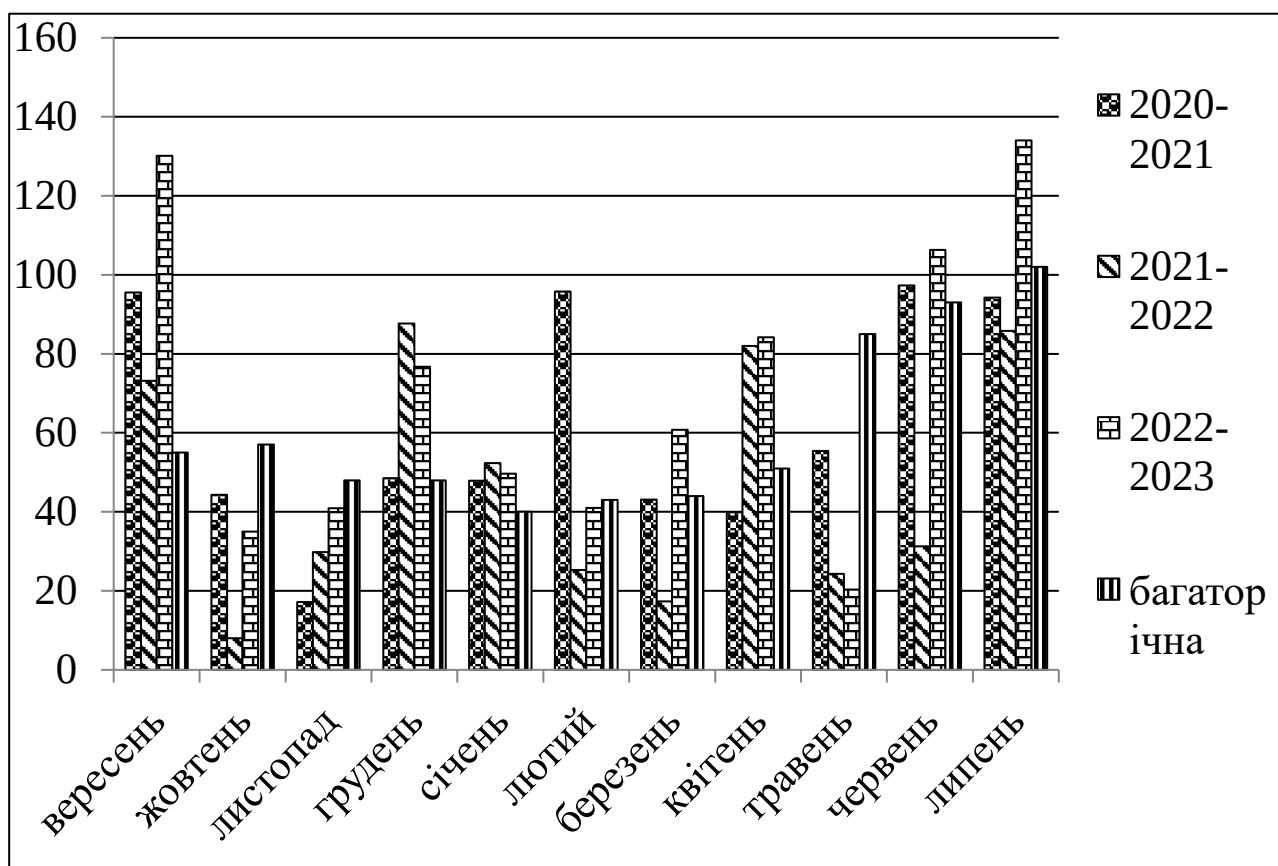


Рис. 1. Опади, мм

Погода в жовтні була теплою та помірно вологою (температура повітря була на 3,1 °С вища за середньобагаторічний показник, а кількість опадів – на 12,3 мм менша від норми).

Листопад характеризувався теплою і сухою погодою (температура повітря була на 1,8 °С вища за норму, а кількість опадів – на 30,8 мм менша від норми).

В грудні температура повітря була на 0,3 °С нижча за норму, а кількість опадів – на 0,5 мм більша від норми (табл. 1).

В січні 2021 р. температура повітря була на 3,9 °С вища за норму, а кількість опадів – на 7,9 мм більша від норми. Температура повітря в лютому була на 1,6 °С вища за норму, а кількість опадів – на 52,8 мм більша за норму.

В березні температура повітря була на 1,5 °С вища за норму, а кількість опадів – на 0,9 мм менша від норми (табл. 1, рис. 2).

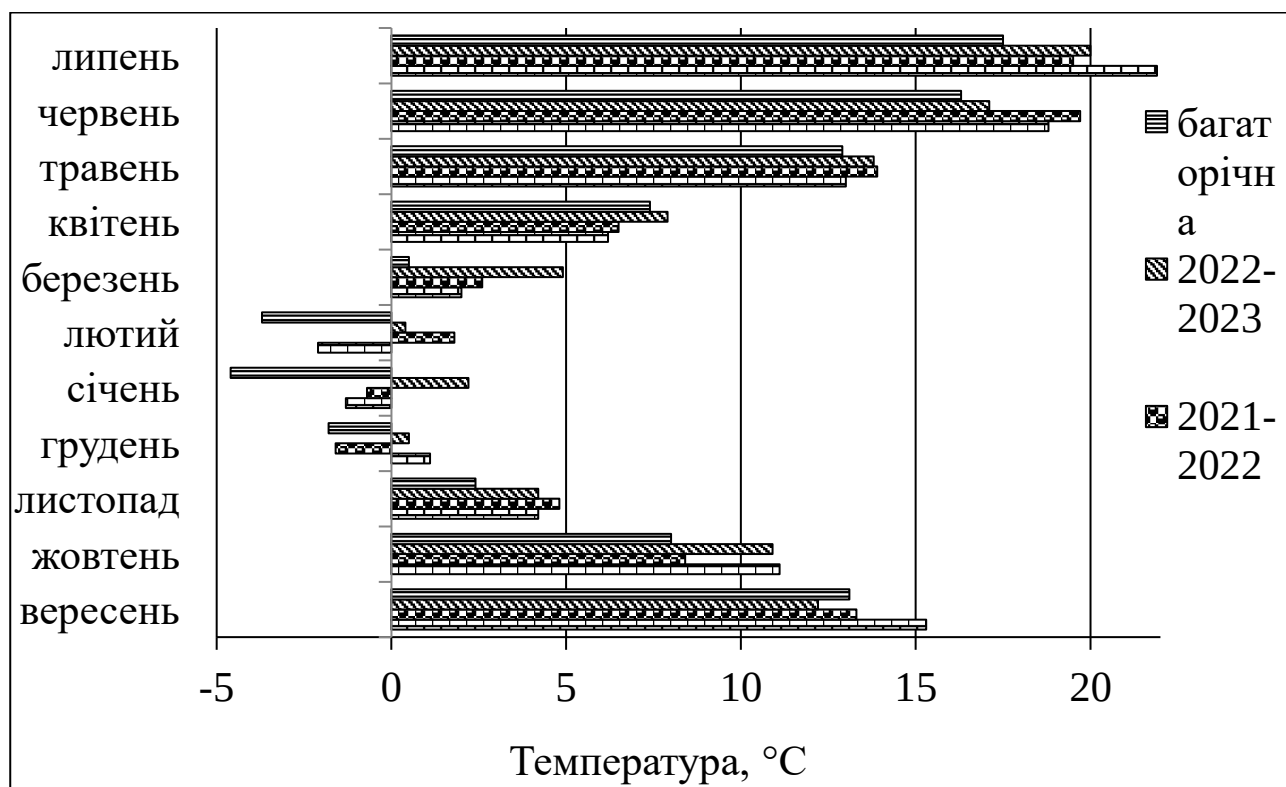


Рис. 2. Температура повітря, °С

У квітні 2021 р. погодні умови характеризувалися холодною та помірно вологою погодою (температура повітря була на 1,2 °С менша за норму, а кількість опадів – на 11,1 мм менша від норми).

Слід відзначити, що температура повітря в травні була нижчою від багаторічної протягом трьох декад місяця.

Червень характеризувався теплою та вологою погодою (температура повітря була на 2,5 °С вища від норми, а опадів випало на 4,3 мм більше від норми).

В липні температура повітря була на 4,4 °С вища багаторічної, а кількість опадів – на 7,8 мм менша за норму.

За результатами наших розрахунків ГТК квітень-липень був достатньо вологий (рис. 3). Слід відзначити, що у квітні та червні спостерігали – надмірне зволоження (ГТК – 3,32 та 1,7), а в травні та липні – оптимальне зволоження (ГТК–1,4).

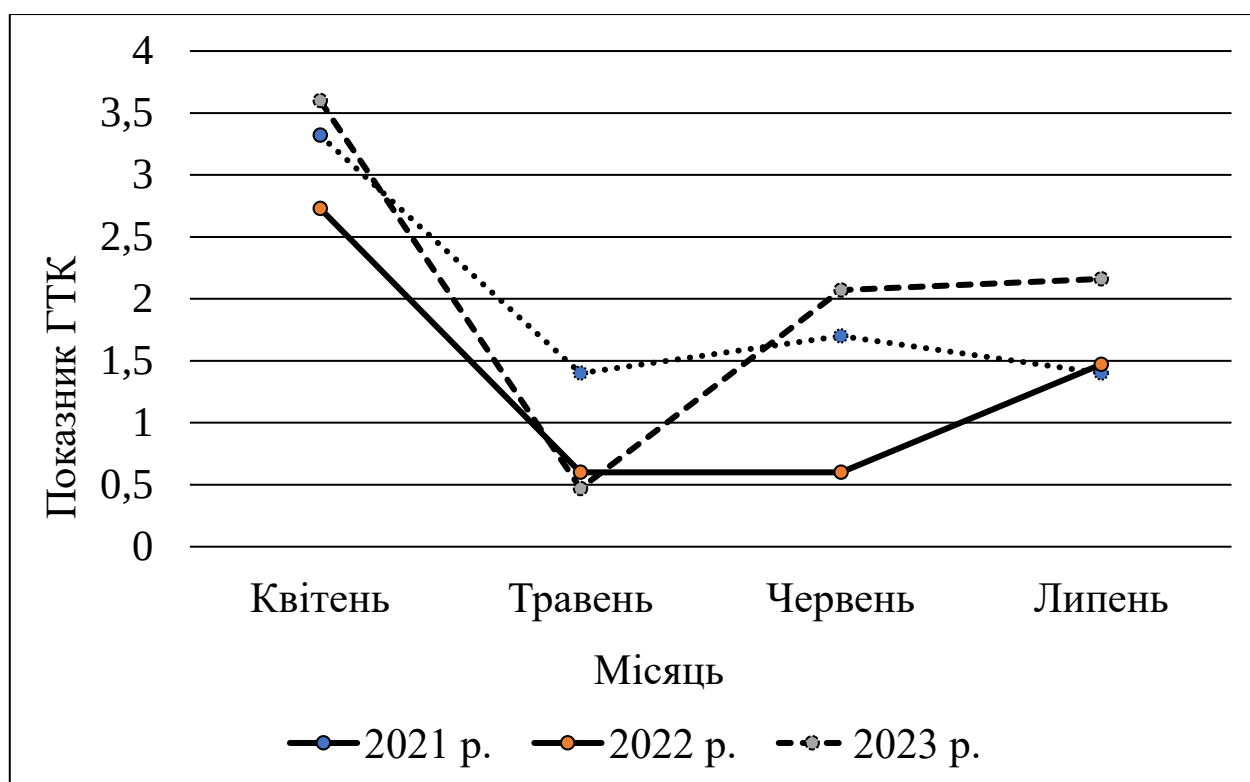


Рис. 3. Показник ГТК за період (квітень-липень) 2021–2023 рр.

Появі та розвитку ринхоспоріозу на ячмені озимому сприяє підвищена кількість опадів у III декаді травня – I декаді червня, коли ГТК досягає 1,4 і вище.

Слід відзначити, що в фазі вихід в трубку розвиток ринхоспоріозу на досліджуваних сортах (рис. 4) був незначний і становив 1,0–3,0 %, а в фазі колосіння – 2,0–4,0 %.

У фазі молочної стиглості найбільше уражувалися сорти: Достойний (24,0 %) та Збруч (26,5 %), дещо менше Снігова королева (15,0 %), а сорт Статус (13,5 %) забезпечив найвищу стійкість.

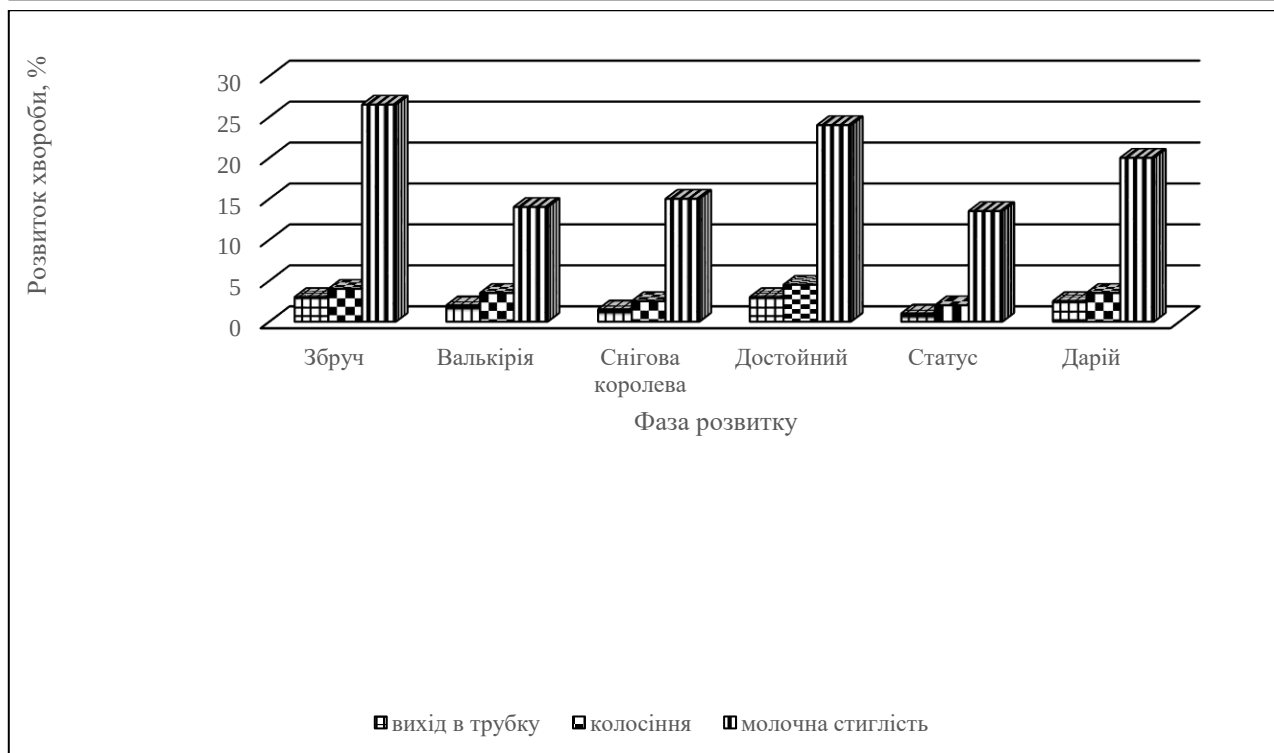


Рис. 4. Динаміка розвитку ринхоспоріозу на ячмені озимому в 2021 р., %

Початок вегетаційного періоду 2021–2022 рр. за рівнем зволоження виявився перенасичений опадами у вересні 73,2 мм за норми 55,0 мм.

У подальші осінні місяці відзначено недостатню кількість опадів особливо у жовтні 8,0 мм, при нормі 57,0 мм (табл. 1, рис. 2).

Достатню кількість опадів відзначено у грудні–січні та доволі високі середньо-декадні температури повітря, що позитивно вплинули на ріст, розвиток та добру перезимівлю ячменю озимого.

Температурний режим зимових місяців 2022 р. та березня також відзначався вищими показниками стосовно багаторічних даних при достатній кількості опадів, що сприяло добрій перезимівлі рослин та позитивно вплинуло на врожайність в першу чергу озимих культур.

У весняно-літній період 2022 р. відзначено недостатню кількість опадів.

Квітень характеризувався холодною та вологою погодою (температура повітря була на 0,9 °C менша за норму, а кількість опадів – на 31,0 мм більша від норми).

Слід відзначити, що температура повітря була нижчою від багаторічної протягом трьох декад місяця.

В травні температура повітря була на 0,1 °С вища за норму, а кількість опадів на 60,7 мм менша від норми.

Червень характеризувався теплою та сухою погодою (температура повітря була на 3,4 °С вища від норми, а опадів випало на 61,7 мм менше від норми).

Температура повітря в липні була на 2,0 °С вища багаторічної, а кількість опадів – на 16,2 мм менша за норму.

Згідно з результатами наших розрахунків ГТК квітень-липень був оптимально зволожений (рис. 3).

Квітень характеризувався надмірним зволоженням (ГТК – 2,73), а в травні та червні – відзначено нестійке зволоження (ГТК– 0,60), в липні – оптимальне зволоження (ГТК –1,47).

Розвиток ринхоспоріозу на досліджуваних сортах залежно від фази розвитку та сорту був різним.

Так у фазі виходу в трубку (рис. 5) він становив – 0,5–5,0 %, в колосінні –1,5–7,0 %, молочній стиглості – 14,0– 28,5 %.

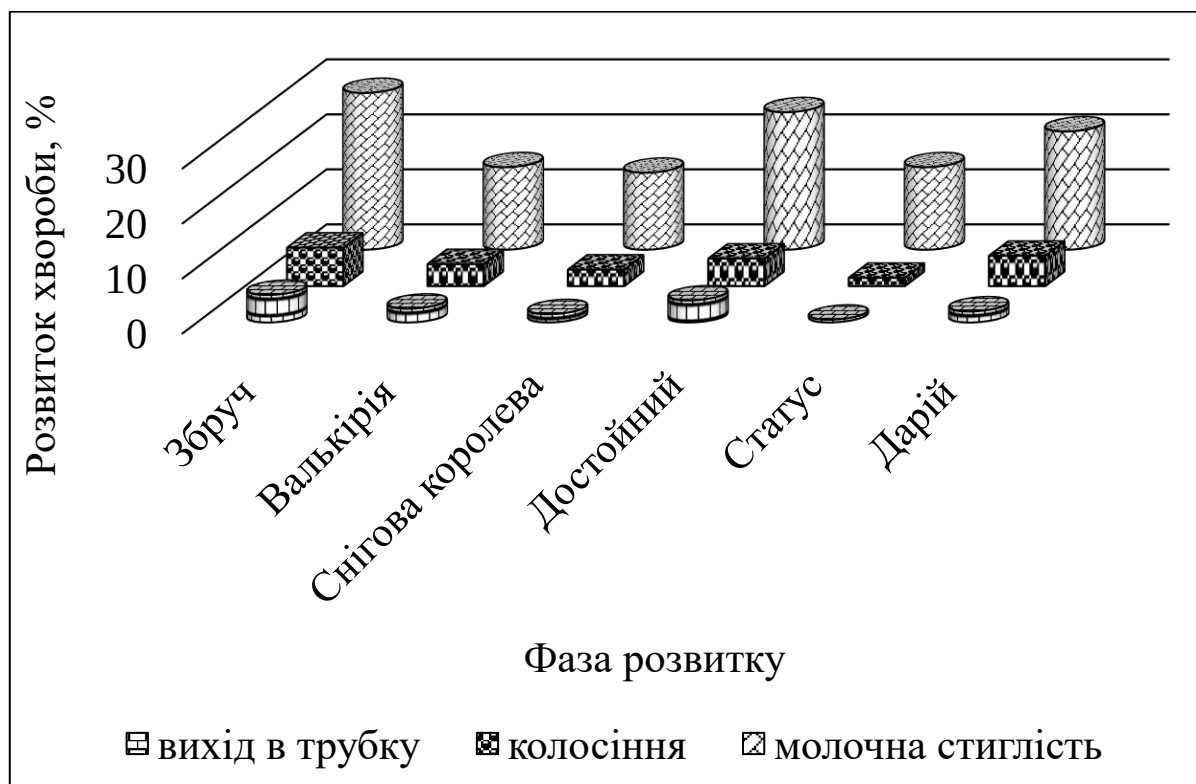


Рис. 5. Динаміка розвитку ринхоспоріозу на ячмені озимому у 2022 р., %

Сорт Снігова королева уражувався ринхоспоріозом впродовж років досліджень менше за інші, коливання показника розвитку хвороби в межах 1,5–14,0 %.

Сорт Збруч уражувався цим захворюванням більше за інші (5,0–28,5 %). Сорт Валькірія зайняв проміжну позицію цей показник становив 2,5–15,0 %.

Восени 2022 р. спостерігали дуже теплу погоду, з достатньою кількістю опадів.

У вересні відмічали мінливу погоду з чергуванням погожих та дощових днів. Жовтень (I та II декада) характеризувався теплою й дощовою погодою, а наприкінці третьої декади було надзвичайно тепло і переважно сухо. У першій декаді листопада середньодобова температура повітря становила +9,2 °C, що на +5,0 °C вища від норми.

Зимовий період 2022–2023 рр. виявився одним із найтепліших за останні 20 років.

Відновлення вегетації ячменю озимого весною 2023 р. визначено наприкінці березня. Різкі коливання нічних та денних температур, випадання дощу та мокрого снігу, вранішні заморозки стримували розвиток грибних хвороб на ячмені озимому.

Погодні умови, які склалися у квітні у 2023 р. характеризувалися такими показниками: температура повітря була в межах середньо багаторічної, а опадів – на 33,2 мм менше (табл. 1, рис. 1, 2).

В травні температура повітря була на 0,9 °C менше середньо багаторічної, а кількість опадів на 64,7 мм менше.

У I та III декадах червня середньодобова температура повітря перевищувала на 1,2 й 1,8 °C кліматичні показники (15,6 та 17,2 °C), а в II декаді – вона наближалася до норми (16,0 °C) й становила 15,4 °C. Середньомісячна температура повітря дорівнювала 17,1 °C й була вищою за норму на 0,8 °C.

Липень також відзначався високими температурами, а зокрема середньомісячна температура в липні становила 20,0 °C за норми 17,5 °C.

Дощі впродовж календарного літа випадали нерівномірно. Значні опади спостерігали в II, III декадах червня (157 та 153 % норми), III декаді липня (199 %).

Близько норми опадів випало в II декаді липня (103 %). Їх нестачу зафіксовано в I декаді червня (29 % від норми), I декаді липня (83 %).

Слід відзначити, що у червні випало 106,3 мм опадів за норми 93 мм, липні – 134,0 за норми 102 мм.

Згідно з результатами наших розрахунків ГТК можна зробити висновок, що період квітень–липень був достатньо вологий.

У квітні – надмірне зволоження (ГТК –3,6), а в травні – слабке (ГТК–0,47), в червні – надмірне зволоження (ГТК – 2,07), в липні – був досить вологий (ГТК –2,16). У середньому за цей період рівень зволоження характеризується як з надлишковим зволоженням.

Найбільший розвиток ринхоспоріозу (рис. 6, 7) відзначено в фазу молочної стиглості залежно від сорту він становив 14,0–35,0 %.

Слід відзначити, що розвиток ринхоспоріозу на досліджуваних сортах під час вегетації ячменю озимого становив залежно від сорту 0,5–35,0 %.

Появі та розвитку ринхоспоріозу на ячмені озимому згідно з результатами наших досліджень сприяє підвищена кількість опадів у ІІІ декада травня – І декада червня, коли ГТК досягає 1,4 і вище.

У фазі виходу в трубку (рис. 6) розвиток цієї хвороби на досліджуваних сортах був незначний і становив 0,5–3,5 %.

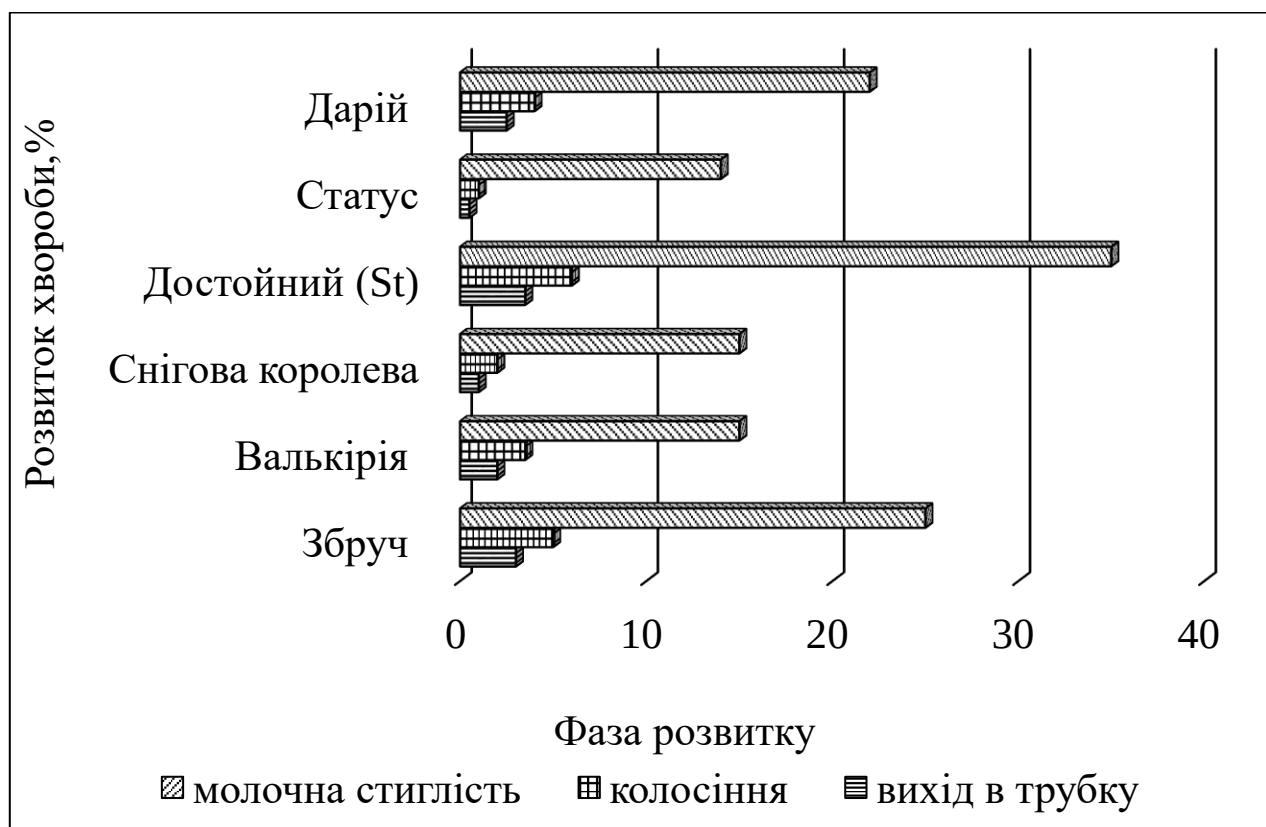


Рис. 6. Динаміка розвитку ринхоспоріозу на ячмені озимому у 2023 р., %

Розвиток захворювання залежно від досліджуваного сорту у фазі колосіння (1,0–6,0 %), молочній стиглості (14,0–35,0 %).

Найменший розвиток ринхоспоріозу був на с. Статус і становив у фазі виходу в трубку – 0,5 %, колосіння – 1,0 %, молочної стиглості – 14,0 %.

У фазі молочної стиглості склалися сприятливі умови для розвитку ринхоспоріозу, а зокрема температура більше як 17 °С та висока вологість повітря при (ГТК – 2,07) розвиток захворювання збільшився і залежно від сорту становив 14,0–35,0 %.

Найбільший розвиток цього захворювання був у сортів: Достойний (35,0 %) та Збруч (25,0 %).

Слід відзначити, що сорт Статус уражувався ринхоспоріозом впродовж років досліджень менше за інші коливання показника розвитку хвороби був у межах 0,5–15,0 %, с. Достойний уражувався більше за інші (3,0–35,0 %), с. Снігова королева зайняв проміжну позицію і становила 1,0–15,0 % (рис. 7).

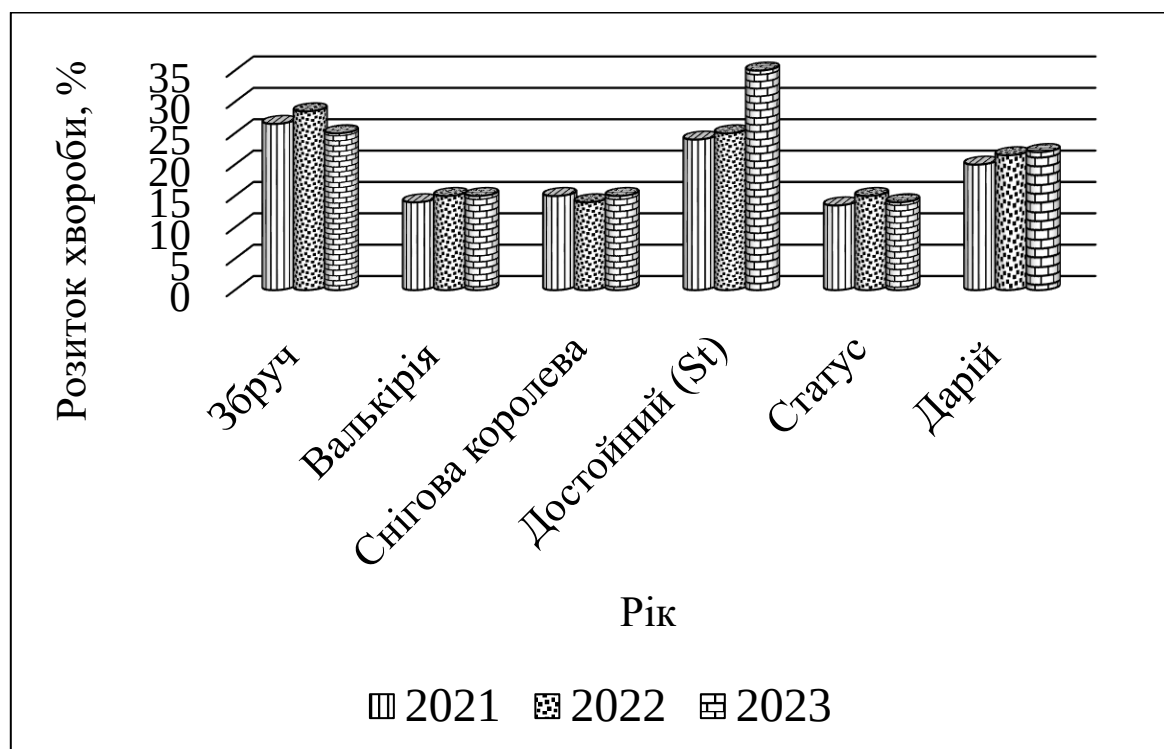


Рис. 7. Розвиток ринхоспоріозу на сортах ячменю озимого у фазі молочної стиглості, 2021–2023 р., %

Встановлено, що ступінь ураження ячменю озимого даною хворобою залежить від фази розвитку культури у фазі молочної стиглості вона найбільша.

Слід відзначити, що сорт Статус (рис. 7) уражувався ринхоспоріозом впродовж років досліджень менше за інші коливання показнику розвитку хвороби був у межах 0,5–15,0 %, с. Достойний

уражувався більше за інші (3,0–35,0 %), с. Снігова королева зайняв проміжну позицію і становила 1,0–15,0 %.

Останнім часом проблема створення стійких сортів до найпоширеніших хвороб ячменю озимого привертала увагу багатьох відомих учених у галузі селекції рослин та фітопатології, а саме: С. П. Васильківського, В. Я. Сабадин, О. А. Демидова, В. М. Гудзенка, А. А. Лінчевського, М. М. Кирик, С. В. Михайленко, С. В. Ретьман та ін.^{39, 40, 41, 42, 43, 44, 45}.

Вплив біотичних факторів та шкідливість хвороби вивчали в польових умовах методом штучного зараження рослин ячменю озимого с. Збруч збудником ринхоспоріозу – *Rhynchosporium graminicola* Heinsen.

Таблиця 2

Шкідливість ринхоспоріозу при різних рівнях ураження, с. Збруч

Розвиток хвороби, %	Довжина колоса, см	Кількість зерен в колосі, шт.	Маса зерна в колосі, г	Маса 1000 зерен, г	Коефіцієнт шкідливості, %
0	6,7	21,1	0,83	39,7	—
25	6,4	20,0	0,77	38,4	0,24
50	6,0	18,3	0,74	37,4	0,30
75	5,8	17,0	0,71	37,0	0,36
90	5,6	16,0	0,67	36,3	0,38
HIP ₀₅		0,3	0,2	0,4	

³⁹ Gudzenko V. M., Vasylykivskyi S. P. Breeding of winter barley varieties adapted to modern conditions of the Forest Steppe of Ukraine. Coll. of science Proceedings of the Uman National Academy of Sciences. 2017. Issue 90. Part 1. P. 63–70.

⁴⁰ Demidov O. A., Vasylykivskyi S. P., Gudzenko V. M. The level of occurrence and the relationship between yield, plant height and lodging resistance of winter barley in the forest-steppe of Ukraine. *Herald of Agrarian Science*. 2016. No. 10. P. 30–34.

⁴¹ Evaluation of winter barley cultivars for resistance to leaf fungal diseases and yield in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine / H. Bilovus et al. *Scientific Horizons*. 2022. 25 (1), P. 60–67.

⁴² Assessment of winter barley varieties for adaptability to environmental conditions in competitive and ecological variety testing / M. I. Terletska et al. *Foothill and mountain agriculture and livestock*. 2021. Issue 69 (2). P. 123–136.

⁴³ Resistance of winter barley to fungal diseases depending on the variety, Halyna Bilovus and all. *Scientific papers series a. agronomy*. 2024. Volume LXVII, No. 1, P. 281–286.

⁴⁴ Recommendations on the peculiarities of the technology of growing winter cereals for the harvest of 2022 (autumn complex of works) / O. Stasiv et al. 2021. Lviv-Obroshyne, 2021. 40 p.

⁴⁵ Retman S. V. Spots of winter wheat. 2010. Kyiv : Kolobig, 232 p.

Ураження ячменю озимого цією хворобою спричиняє не тільки погіршення якості зерна, але й втрати врожаю.

Аналізуючи дані таблиці 2 слід зазначити, що довжина колоса внаслідок ураження ринхоспоріозом (при розвитку хвороби 90 %) порівняно зі здоровими рослинами знижується на 1,1 см.

Про значну шкідливість цього захворювання свідчать дані щодо аналізу кількості зерна в колосі. Так, при 90 % розвитку ринхоспоріозу відбулося зменшення кількості зерен на 5,1 шт. порівняно зі здоровими рослинами. Маса зерна в колосі знижувалась на 0,16 г, маса 1000 зерен 3,4 г.

Чим вищий розвиток хвороби, тим вищий був коефіцієнт шкідливості.

Коефіцієнт шкідливості залежно від рівня розвитку ринхоспоріозу становив у с. Збруч 0,24–0,38 %, при 50 % розвитку хвороби (0,30), за 75 % (0,36), 90 % коефіцієнт був 0,38 %.

Слід відзначити, що ураження ячменю озимого ринхоспоріозом впливає на довжину колоса, кількість зерен у ньому, масу зерна в колосі та масу 1000 зерен.

Коефіцієнт шкідливості залежно від рівня розвитку хвороб становив у с. Збруч 0,24–0,38 %.

Вплив біологічних та хімічних препаратів на обмеження розвитку ринхоспоріозу на ячмені озимому

Так, кожного року в агроценозах ячменю озимого збільшується фітопатогенне навантаження збудників різних грибних хвороб, які за сприятливих погодних умов без застосування ефективних засобів захисту можуть призводити до зниження продуктивності культури на 30–40 %^{46, 47, 48, 49}.

⁴⁶ Popp J., Károly P., Nagy J. Pesticide productivity and food security. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 2013. Vol. 33. P. 243–255.

⁴⁷ Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment Muyesaier / Tudi et al. *Int J. Environ Res Public Health*. 2021. V. 18 (3). P. 1112.

⁴⁸ Tekiela A. Occurrence of diseases and colonization of winter wheat grain by pathogenic fungi in organic farms in the Podlasie region. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 2008. V. 53. P. 120–122.

⁴⁹ Oxley S. Barley Disease Control. Edinburgh. 2010. P. 1–20.

Нині одним із пріоритетних напрямів розвитку світової економіки є біологізація, перехід на органічне виробництво та отримання екологічно чистої продукції^{50, 51}.

Однак в Україні перехід на біологічні принципи господарювання, на жаль, здійснюється повільними темпами⁵², оскільки біологічні препарати в системі захисту рослин, у більшості випадків, характеризуються нестабільністю і недостатньою ефективністю.

Проте в сучасній інтегрованій системі захисту рослин вони є одними із дієвих засобів, що дає змогу зберегти і підвищити врожай зернових культур, адже навіть незначне запобігання втратам і погіршенню технологічних властивостей продукції є важливим чинником істотного підвищення продуктивності рослинництва^{53, 54}.

Активне впровадження у технології вирощування сільськогосподарських культур нових інтегрованих елементів та ефективних систем захисту рослин, що сприяють отриманню екологічно безпечної рослинницької продукції, оздоровленню людей та навколишнього природного середовища, є новим, вищим рівнем розвитку сучасного аграрного виробництва⁵⁵.

Як результат, підбір методів зі зниження прояву шкодочинності, вирощування стійких сортів, коригування строків сівби культур і дослідження технічної ефективності пестицидів різного походження, їх доз та кратність застосування надалі залишаються досить актуальною науковою проблемою для виробництва ячменю озимого.

Таким чином, використання пестицидів повинне призводити не до руйнування агроценозів, а до їхньої корекції в напрямі оптимізації фітосанітарного стану.

Тому розробці ефективних заходів захисту рослин відводиться важливе місце.

⁵⁰ Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from. 2016.

⁵¹ Willer H., Yusefi-Menzler M., Sorensen N. The World of Organic Agriculture – Statistics and Emerging Trends. IFOAM, Bonn and FiBL, Frick. 2008. 272 p.

⁵² Krutyakova V. I. Biomethods – the basis of sustainable development of domestic agriculture. *Bulletin of Agrarian Science*. 2020. No. 9 (810). P. 5–14.

⁵³ The effectiveness of the complex use of drugs of different origin against fusarium root rot of winter wheat / N. V. Hrytsyuk et al. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 2019. No. 3. P. 57–64.

⁵⁴ Agrios G.N. Plant pathology. Fifth edition. Elsevier Acad Press ; Amsterdam, 2005. 922 p.

⁵⁵ Zayets S. O., Rudik O. L. Effectiveness of elements of biologization of the protection system for winter wheat, winter barley and soybeans under irrigation conditions in Southern Ukraine. Scientific developments of Ukraine and EU in the area of natural sciences. Collective monograph. Riga : Izdevniecība «Baltija Publishing». 2020. V. 1. P. 203–222.

Це питання вивчали в польових умовах лабораторії захисту рослин в досліді 2.

Завдяки проведеному моніторингу на посівах ячменю озимого в агроекологічних умовах 2021–2023 рр., визначено що найпоширенішим захворюванням, яке проявилось впродовж вегетаційного періоду ячменю озимого впродовж років досліджень було: ринхоспоріоз (*Rhynchosporium graminicola* Heinsen).

Фунгіцидний захист ячменю озимого у вегетаційний період передбачав проведення протруєння насіння та застосування хімічних та біологічних препаратів у весняний період вегетації.

Слід відзначити, що застосування досліджуваних препаратів наприкінці кушення ячменю озимого забезпечує ефективний захист від ринхоспоріозу протягом усього періоду вегетації (табл. 3).

Розвиток ринхоспоріозу на рослинах ячменю озимого с. Дев'ятий вал у 2021–2023 рр. в фазі колосіння був наступним: на контролі (абсолютному) – середнє 8,3 %; а на контролі (без обробки фунгіцидами) – 7,5 % (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив хімічних та біологічних препаратів на розвиток ринхоспоріозу на ячмені озимому с. Дев'ятий вал (у фазі колосіння), 2021–2023 рр.

№ п/п	Варіанти (назва препарату, норма витрати, л/га)	Розвиток хвороби, %			
		Рік			
		2021	2022	2023	сер.
1	контроль (абсолютний)	7,0	13,5	4,5	8,3
2	контроль (без обробки фунгіцидами)	6,5	12,0	4,0	7,5
3	авіатор Хрго 225 ЕС, к.е. (0,8 л/га)	1,0	1,0	0,5	0,8
4	бактофіт (2,0 л/га)	3,5	6,4	1,5	3,8
5	триходермін СК (2,0 л/га)	3,0	5,6	1,3	3,3
6	Триходермін-93 (2,0 л/га)	3,5	5,5	1,4	3,5
7	бактофіт (2,0 л/га) + триходермін СК (2,0 л/га)	2,5	5,0	1,0	2,8
8	бактофіт (2,0 л/га) + триходермін-93 (2,0 л/га)	3,0	5,2	1,2	3,1
НІР ₀₅		1,1	1,0	1,2	

Примітка: фон (N₃₀P₆₀K₆₀ (осіннє внесення) + (N₂₀ + нутрімакс, IV етап + нітроТОП, VIII етап).

Розвиток ринхоспоріозу у фазі колосіння за застосування біологічних препаратів в середньому за роки досліджень становив 2,8–3,8 %, що нижче, ніж на контрольному варіанті, відповідно у 2,2–3 разу.

Технічна ефективність застосованих хімічних та біологічних препаратів на всіх варіантах досліду була різна.

Слід відзначити, що за роки досліджень технічна ефективність (табл. 4) препарату авіатор Хрго 225 ЕС, к.е. (0,8 л/га) на досліджуваному сорті проти ринхоспоріозу становила 90,4 %.

Таблиця 4

Технічна ефективність застосування хімічних та біологічних препаратів проти ринхоспоріозу на ячмені озимому (в фазі колосіння) с. Дев'ятий вал, 2021–2023 рр.

№ п/п	Варіанти (назва препарату, норма витрати, л/га)	Ефективність дії, %			
		Рік			
		2021	2022	2023	сер.
1	контроль (абсолютний)	—	—	—	—
2	контроль (без обробки фунгіцидами)	—	—	—	—
3	авіатор Хрго 225 ЕС, к.е. (0,8 л/га)	85,7	92,6	89,0	90,4
4	бактофіт (2,0 л/га)	50,0	52,6	66,7	54,2
5	триходермін СК (2,0 л/га)	57,1	58,5	71,1	60,2
6	Триходермін-93 (2,0 л/га)	50,0	59,2	68,9	57,8
7	бактофіт (2,0 л/га) + триходермін СК (2,0 л/га)	64,3	62,9	77,8	66,2
8	бактофіт (2,0 л/га) + триходермін-93 (2,0 л/га)	57,1	61,5	73,3	62,6

Примітка: фон (N₃₀P₆₀K₆₀ (осіннє внесення) + (N₂₀ + нутрімакс, IV етап + нітроТОП, VIII етап).

Технічна ефективність біологічних препаратів впродовж 2021–2023 рр. найбільша була на варіанті за застосування бактофіт (2,0 л/га) + триходермін СК (2,0 л/га) і становила 66,2 %.

Розвиток ринхоспоріозу (табл. 5) на рослинах ячменю озимого у фазі молочної стиглості за 2021–2023 рр. був наступним: на контролі (абсолютному) – середнє 22,6 %; на контролі (без обробки фунгіцидами) – 20,7 % на с. Дев'ятий вал.

За застосування препарату авіатор Хрго 225 ЕС, к.е. (0,8 л/га) розвиток даного захворювання в порівнянні з контролем (абсолютним) зменшувалось на 19,5 %.

За застосування бактофіт (2,0 л/га) + триходермін-93 (2,0 л/га) розвиток ринхоспоріозу в середньому становив 10,0 %, що у 2,3 раза менше чим на контролі (абсолютному).

Слід відзначити, що за застосування біологічних препаратів на 4–8 варіантах розвиток ринхоспоріозу був на 11,3–13,3% меншим.

Таблиця 5

**Вплив хімічних та біологічних препаратів на розвиток
ринхоспоріозу на ячмені озимом с. Дев'ятий вал
(в фазі молочної стиглості), 2021–2023 рр.**

№ п/п	Варіанти (назва препарату, норма витрати, л/га)	Розвиток хвороби, %			
		Рік			
		2021	2022	2023	сер.
1	контроль (абсолютний)	23,8	23,5	20,5	22,6
2	контроль (без обробки фунгіцидами)	22,5	20,5	19,0	20,7
3	авіатор Хрго 225 ЕС, к.е. (0,8 л/га)	3,1	3,3	3,0	3,1
4	бактофіт (2,0 л/га)	11,5	12,0	10,5	11,3
5	триходермін СК (2,0 л/га)	10,7	11,3	9,5	10,5
6	триходермін-93 (2,0 л/га)	10,5	11,0	10,0	10,5
7	бактофіт (2,0 л/га) + триходермін СК (2,0 л/га)	9,5	10,0	8,5	9,3
8	бактофіт (2,0 л/га) + триходермін-93 (2,0 л/га)	10,0	10,5	9,5	10,0
НІР ₀₅		1,5	1,2	1,5	

Примітка: фон (N₃₀P₆₀K₆₀ (осіннє внесення) + (N₂₀ + нутрімакс, IV етап + нітроТОП, VIII етап).

За роки досліджень найбільша технічна ефективність проти цього захворювання одержана при застосування препарату авіатор Хрго 225 ЕС, к.е. (0,8 л/га) і становила на с. Дев'ятий вал – 86,3 % (табл. 6).

Серед застосованих біологічних препаратів на варіантах досліду найбільша технічна ефективність була при використанні бактофіт (2,0 л/га) + триходермін СК (2,0 л/га) і становила – 58,8 %.

Технічна ефективність хімічних та біологічних препаратів проти ринхоспоріозу на с. Дев'ятий вал у фазі молочної стиглості в середньому за 2021–2023 рр. становила: авіатор Хрго 225 ЕС, к.е. (0,8 л/га) – 86,3 %; бактофіт (2,0 л/га) – 50,0 %; триходермін СК

(2,0 л/га) – 53,5 %; триходермін-93 (2,0 л/га) – 53,5 %; бактофіт (2,0 л/га) + триходермін СК (2,0 л/га) – 58,8 %; бактофіт (2,0 л/га) + триходермін-93 (2,0 л/га) – 55,7 %.

Таблиця 6

Технічна ефективність застосування хімічних та біологічних препаратів проти ринхоспоріозу на ячмені озимому (у фазі молочної стиглості) сорт Дев'ятий вал, 2021–2023 рр.

№ п/п	Варіанти (назва препарату, норма витрати, л/га)	Ефективність дії, %			
		Рік			
		2021	2022	2023	сер.
1	Контроль (абсолютний)	–	–	–	–
2	контроль (без обробки фунгіцидами)	–	–	–	–
3	авіатор Хрго 225 ЕС, к.е. (0,8 л/га)	87,0	86,0	85,4	86,3
4	бактофіт (2,0 л/га)	51,7	49,0	48,8	50,0
5	триходермін СК (2,0 л/га)	55,0	52,3	53,6	53,5
6	триходермін-93 (2,0 л/га)	56,0	53,1	51,2	53,5
7	бактофіт (2,0 л/га) + триходермін СК (2,0 л/га)	60,1	57,4	58,5	58,8
8	бактофіт (2,0 л/га) + триходермін-93 (2,0 л/га)	58,0	54,4	53,6	55,7

Примітка: фон (N₃₀P₆₀K₆₀ (осіннє внесення) + (N₂₀ + нутрімакс, IV етап + нітроТОП, VIII етап).

Згідно з результатами наших досліджень, які збігаються з попередніми дослідження, де використовували біологічні препарати у системах захисту від хвороб зернових культур встановлено, що хімічні препарати мають вищу ефективність порівняно з біологічними.

Однак, слід відзначити, що застосування біологічних препаратів має позитивний вплив на обмеження хвороб та збільшення продуктивності ^{56, 57}.

Таким чином, застосування хімічних та біологічних препаратів проти основних хвороб ячменю озимого за умов дотримання

⁵⁶ Kryuchkova L., Dragovoz I., Avdeeva L. Biological protection of plants from diseases is a current problem of today. Intensive technologies of growing grain crops. *Special issue. Proposal*. 2014. P. 16–17.

⁵⁷ Vozhegova A. A., Kryvenko A. I. The influence of biological products on the productivity of winter wheat and the economic and energy efficiency of its cultivation technology in the conditions of the South of Ukraine. *Bulletin of the Agricultural Science of the Black Sea Region*. 2019. No. 1. P. 39–46.

відповідної технології уникнути відчутних втрат зерна від хвороб і зберегти урожай.

Визначення енергії проростання ячменю озимого на с. Дев'ятий вал (табл. 7) в лабораторних умовах показало, що на всіх варіантах, що вивчалися у 2021–2023 рр., вона була вищою, ніж на контролі (абсолютному), і була в межах 86,0–91,0 % (на контролі 87,0 %), лабораторна схожість – 94,0–96,0 % (на контролі – 93,0 %), маса 1000 насінин – 48,8–53,2 (на контролі – 43,2–45,8 %).

Таблиця 7

Показники посівних якостей зібраного насіння сортів ячменю озимого залежно від досліджуваних хімічних та біологічних препаратів, с. Дев'ятий вал (середнє за 2021–2023 рр.)

№ п/н	Варіант	Маса 1000 насінин, г	Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %
1	контроль (абсолютний)	43,2	87,0	93,0
2	контроль (без обробки фунгіцидами)	45,8	87,0	93,0
3	авіатор Хро 225 ЕС, к.е. (0,8 л/га)	52,0	91,0	96,0
4	бактофіт (2,0 л/га)	50,2	88,0	94,0
5	триходермін СК (2,0 л/га)	51,8	86,0	94,0
6	Триходермін-93 (2,0 л/га)	48,8	87,0	95,0
7	бактофіт (2,0 л/га) + триходермін СК (2,0 л/га)	53,2	90,0	96,0
8	бактофіт (2,0 л/га) + триходермін- 93(2,0 л/га)	49,8	89,0	95,0

Одним із головних визначальних і характерних критеріїв правильного виконання того чи іншого способу, який застосовується в агрономії, є продуктивність культури.

У результаті проведених досліджень встановлено, що урожайність ячменю озимого формувалась залежно від погодних умов, які склалися у роки проведення досліджень та застосування різних мікробіологічних препаратів та їх комбінацій (табл. 8).

Згідно з результатами наших досліджень найбільшу врожайність – 4,3 т/га ми отримали у варіанті, де застосовували авіатор

Хрго 225 ЕС, к.е. (0,8 л/га). При застосуванні біологічних препаратів на 4–8 варіантах цей показник становив 3,8–4,3 т/га.

Таблиця 8

Урожайність ячменю озимого залежно від обробки хімічними та біологічними препаратами, 2021–2023 рр.

№ п/п	Варіанти (назва препарату, норма витрати, л/га)	Урожайність, т/га			
		Рік			
		2021	2022	2023	сер.
1	контроль (абсолютний)	3,33	3,20	3,70	3,1
2	контроль (без обробки фунгіцидами)	3,53	3,50	3,80	3,3
3	авіатор Хрго 225 ЕС, к.е. (0,8 л/га)	4,43	4,50	4,50	4,3
4	бактофіт (2,0 л/га)	3,94	4,0	4,03	3,8
5	триходермін СК (2,0 л/га)	4,24	4,50	4,22	4,0
6	триходермін-93 (2,0 л/га)	4,13	4,20	4,20	4,0
7	бактофіт (2,0 л/га) + триходермін СК (2,0 л/га)	4,40	4,50	4,42	4,3
8	бактофіт (2,0 л/га) + триходермін-93 (2,0 л/га)	4,25	4,40	4,36	4,0
НІР ₀₅		1,1	1,2	0,8	

Найбільший збережений урожай ячменю озимого (табл. 9) на сорті Дев'ятий вал за роки досліджень одержано на варіантах, де застосовували хімічний фунгіцид авіатор Хрго 225 ЕС, к.е. (0,8 л/га) і біологічні препарати бактофіт (2,0 л/га) + триходермін СК (2,0 л/га) при цьому прибавка до урожаю становила 1,2 т/га.

Слід відзначити, що обробка біологічними препаратами на 4–8 варіантах, підвищувала урожайність порівняно з варіантом контрольним (абсолютним), в середньому за 2021–2023 рр. в 1,2–1,4 рази.

Аналіз отриманих нами експериментальних досліджень дає можливість стверджувати про значний вплив на урожайність мав обробіток ячменю озимого хімічними та біологічними препаратами.

Більшість вчених ^{58, 59} засвідчує позитивний вплив біопрепаратів на формування урожайності зернових культур, що збігається з отриманими нами результатами досліджень.

⁵⁸ Biological foundations of integrated action of herbicides and plant growth regulators / V. P. Karpenko et al. 2012. Uman : "Sochynsky", 357 p.

⁵⁹ Shevnikov D. M. The influence of mineral fertilizers and biological products on the quality of hard spring wheat grain. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 2013. No. 4. P. 153–157.

Таблиця 9

Господарська ефективність хімічних та біологічних препаратів на ячмені озимому с. Дев'ятий вал, середнє за 2021–2023 рр.

№ п/п	Варіанти (назва препарату, норма витрати, л/га)	Урожай- ність, т/га	Збережений врожай відповідно до контролю (абсолютного)	
			т/га	%
1	контроль (абсолютний)	3,1	–	–
2	контроль (без обробки фунгіцидами)	3,3	0,2	106,4
3	авіатор Хрго 225 ЕС, к.е. (0,8 л/га)	4,3	1,2	138,7
4	бактофіт (2,0 л/га)	3,8	0,7	122,6
5	триходермін СК (2,0 л/га)	4,0	0,9	129,0
6	триходермін-93 (2,0 л/га)	4,0	0,9	129,0
7	бактофіт (2,0 л/га) + триходермін СК (2,0 л/га)	4,3	1,2	138,7
8	бактофіт (2,0 л/га) + триходермін- 93 (2,0 л/га)	4,0	0,9	129,0

Примітка: фон ($N_{30}P_{60}K_{60}$ (осіннє внесення) + (N_{20} + нутрімакс, IV етап + нітроТОП, VIII етап).

Зокрема, за дії біопрепаратів наростає потужна коренева система рослини, яка слугує середовищем для розвитку корисних мікроорганізмів, що, з одного боку, забезпечує покращення водообміну та мінерального живлення, а з іншого – активує фізіолого-біохімічні процеси (фотосинтез, дихання та ін.) у рослинах, що відображається на урожайності посівів ⁶⁰.

Таким чином, застосуванням хімічних та біологічних препаратів проти ринхоспоріозу на ячмені озимого за умов дотримання відповідної технології можна уникнути відчутних втрат зерна від хвороби та зберегти урожай.

Складна економічна ситуація, що склалася в сільськогосподарському виробництві, диктує пошук шляхів зниження витрат і більш ефективного використання наявних ресурсів.

Одним з напрямків у вирішенні цього завдання є адаптація теперішніх технологій і добір сортів для конкретних ґрунтово-кліматичних умов із зимостійкістю та стійкістю до хвороб.

⁶⁰ Productivity of certain agricultural crops using plant growth regulators / L. S. Eremko et al. *Bulletin of the Poltava Agrarian Academy*. 2009. No. 1. P. 43–45.

В умовах подальшого розвитку агропромислового комплексу країни пріоритетним завданням товаровиробників є підвищення економічної ефективності виробництва, збільшення обсягу валових зборів та поліпшення якості зерна сільськогосподарських культур. Проте створення високопродуктивних посівів можливе лише за умови раціонального використання засобів, що створюють оптимальне середовище для функціонування агрофітоценозів.

Нині відомо, що підвищення продуктивності рослин можна досягти не лише методами селекції, внесенням необхідних добрив та пестицидів, а й шляхом включення біологічних препаратів до комплексу послідовних технологічних операцій вирощування культур.

Ефективність виробництва ячменю озимого, як і інших сільськогосподарських культур, залежить, насамперед від рівня врожайності у зіставленні з витратами.

Високий рівень економічної ефективності вирощування забезпечується за рахунок стабілізації місця в сівозміні, підвищення культури землеробства, впровадження інтенсивної технології, і що саме дотримання технології вирощування.

Економічна ефективність дає можливість враховувати реальні витрати та прибутки й на цій основі розробити найбільш економічно вигідні технології вирощування сільськогосподарських культур.

Експериментальними дослідженнями доведено, що розвиток ринхоспоріозу знижувався при використанні хімічних та біологічних засобів захисту.

Слід відзначити, що позитивний вплив мають біологічні препарати на фітосанітарний стан посівів, а також антистресовим і стимулювальним впливом їх на культурні рослини. Таким чином, при низькому і середньому рівні ураження хворобами доцільним є використання біопрепаратів, при сильному – необхідно використовувати фунгіциди.

Проведені розрахунки економічних показників на сорті Дев'ятий вал показали, що найвища економічна ефективність – умовно-чистий дохід, рівень рентабельності було отримано на варіанті за обробки біологічними препаратами бактофіт (2,0 л/га) + триходермін СК (2,0 л/га). Умовно чистий дохід становив 10,6 тис. грн, за рівня рентабельності 54,3 %.

Рівень рентабельності виробництва насіння ячменю озимого сорту Дев'ятий вал на цьому варіанті на 22,8 % вищий порівняно з абсолютним контролем.

Висновки

Найбільш поширеним захворюванням під час вегетації ячменю озимого впродовж 2021–2023 рр. досліджень був ринхоспоріоз. Ураження рослин цією хворобою залежало від погодних умов, фаз вегетації культури та сорту.

В умовах Західного Лісостепу видовий склад ринхоспоріозу представлений збудником – *Rhynchosporium graminicola* Heinsen.

Появі та розвитку ринхоспоріозу на ячмені озимому сприяє підвищена кількість опадів у III декаді травня та I декаді червня (ГТК 1,4 і вище).

Найменший розвиток хвороби відзначено у сортів: Снігова королева (14,7 %), Валькірія (14,7 %), Статус (14,2 %).

Слід відзначити, що ураження ячменю озимого ринхоспоріозом впливає на довжину колоса, кількість зерен у ньому, масу зерна в колосі та масу 1000 зерен. Коефіцієнт шкідливості залежно від рівня розвитку хвороби становив у с. Збруч 0,24–0,38 %.

Чим вищий розвиток хвороби, тим вищий був коефіцієнт шкідливості. Так при 50 % розвитку ринхоспоріозу коефіцієнт шкідливості становив 0,30; а при 75 % відповідно 0,36; при 90 % – 0,38.

При 90 % розвитку ринхоспоріозу відбулося зменшення кількості зерен на 5,1 шт. порівняно зі здоровими рослинами. Маса зерна в колосі знижувалась на 0,16 г, маса 1000 зерен 3,4 г.

Встановлено, що дворазова обробка ячменю озимого фунгіцидом авіатор Хрго 225 ЕС, к.е. (0,8 л/га) забезпечує зниження розвитку ринхоспоріозу та в фазі молочної стиглості на 19,5 % менше порівняно з контролем (абсолютним).

Застосування біологічних препаратів на 4–8 варіантах знижувало ураження ринхоспоріозом і в фазі молочної стиглості у порівнянні з контролем (абсолютним) встановило на 11,3–13,3 % менше.

В середньому за 2021–2023 рр. найбільша технічна ефективність (у фазі молочної стиглості) була за застосування фунгіциду авіатор Хрго 225 ЕС, к.е. (0,8 л/га) і становила 86,3%.

Технічна ефективність застосування біологічних препаратів (у фазі молочної стиглості) в середньому за досліджувані роки становила: бактофіт (2,0 л/га) – 50,0 %; триходермін СК (2,0 л/га) – 53,5 %; триходермін-93 (2,0 л/га) – 53,5 %; бактофіт (2,0 л/га) + триходермін СК (2,0 л/га) – 58,8 %; бактофіт (2,0 л/га) + триходермін-93 (2,0 л/га) – 55,7 %.

Застосування фунгіциду авіатор Хрго 225 ЕС, к.е. (0,8 л/га) дає можливість отримати прибавку до урожаю 1,2 т/га.

Обробка біологічними препаратами (бактофіт (2,0 л/га), триходермін СК (2,0 л/га), триходермін-93 (2,0 л/га), бактофіт (2,0 л/га) + триходермін СК (2,0 л/га), бактофіт (2,0 л/га) + триходермін-93(2,0 л/га)) на 4–8 варіантах, підвищувала урожайність порівняно з варіантом контрольним (абсолютним), в середньому за 2021–2023 рр. в 1,2–1,4 раза.

Найбільший умовно чистий прибуток за роки досліджень одержано на варінтах, де посіви було оброблено біологічними препаратами, а зокрема препаратами бактофіт (2,0 л/га) + триходермін СК (2,0 л/га) і становив (10,6 тис. грн) при рентабельності 54,3 %.

ЧАСТИНА 2

ІННОВАЦІЙНІ РОЗРОБКИ

З ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА НАСІННЯ

Вступ

Україна була в 2022–2023 рр. одним з експортерів та ключовим гарантом продовольчої безпеки у світі з часткою виробництва олії на рівні 27,8 %, ячменю – 4,0, пшениці – 2,7, кукурудзи – 2,0, цукру – 0,8 % і їх реалізації, відповідно 40,3 %, 15,0, 8,4, 7,9 та 1,1 % ⁶¹.

Експортно-імпортний потенціал ресурсів нашої держави становлять сорти й гібриди, вирощування яких залежить від тенденцій внутрішнього і зовнішнього ринків. Втрата передових позиції на ринку сортових рослинних ресурсів розпочалася з 2024 р. ⁶².

Надання нашій державі статусу – кандидата на вступ до ЄС, зобов'язує аграрний сектор забезпечувати виконання стратегічних питань в забезпеченні населення харчовими продуктами та нарощуванні експортного потенціалу відповідно до стандартів с.-г. виробництва ^{63, 64, 65}.

Програмою «Горизонт Європа» у 2021–2027 рр. очікуваний бюджет досліджень та інновацій може скласти понад 30 млрд євро. Це створює багаторічний стабільний попит на інновації у цьому напрямку. Перелік тематик, що входять до «Зеленої Угоди» дуже широкий, серед яких пріоритетним є створенням нових сортів і гібридів с.-г. культур стійких до змін клімату і нарощування об'ємів виробництва оригінального насіння ⁶⁶.

⁶¹ On the approval of the Strategy for the development of agriculture and rural areas in Ukraine for the period up to 2030. 2024. URL: <https://www.cci.zp.ua/app/uploads/2024/03/strategia-agro2030-v10.docx> (дата звернення: 04.11.2024 р.).

⁶² Formation of national varietal resources: status and prospects / S. O. Tkachyk et al. *Plant Varieties Studying and Protection*, 2024. 20 (3), 174–182. DOI: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.3.2024.311812>.

⁶³ Загальний огляд відносин Україна-ЄС. URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/zagalnij-oglyad-vidnosin-ukrayina-yes> (дата звернення: 04.11.2024 р.).

⁶⁴ Угода про асоціацію між Україною та ЄС. URL: <https://mfa.gov.ua/yevropejska-integraciya/ugoda-pro-asociaciyu-mizh-ukrayinoyu-ta-yes>. (дата звернення: 04.11.2024 р.).

⁶⁵ Політичний діалог Відносини Україна-ЄС у сфері зовнішньої політики. URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/spivpracya-ukrayina-yes-u-sferi-zovnishnoyi-politiki-i-bezpeki> (дата звернення: 04.11.2024 р.).

⁶⁶ Європейський зелений курс. Квітень 2021 р. URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spivrobitnictvo/klimat-yevropejska-zelena-ugoda> (дата звернення: 05.11.2024 р.).

За аналізом керівника відділу маркетингу О. Молокович (MAS Seeds Україна), зробленим на конференції «Агроінновації 2024» в умовах війни ринок насіння невідомих брендів впав до 15–20 % порівняно з довоєнним періодом. Однак експерти зазначають, що ринок насіння в Україні сьогодні є, і він досить великий, хоча й зменшився порівняно до минулих років. Площі під кукурудзою цього року становили 3,9 млн га, що на 2,6 % нижче 2023 р., відповідно, спад до довоєнного періоду склав 27 %. Щодо соняшнику, то його площі сягнули 5,2 млн га, що на 3,5 % вище, ніж торік, але падіння до довоєнних показників зберігається на рівні 20 % ⁶⁷.

Враховуючи значний потенціал виробництва та експорт сільськогосподарської продукції галузей рослинництва в Україні, важливим є розвиток ефективної національної системи насінництва, на яку покладено стратегічне завдання забезпечення сільськогосподарських товаровиробників насінням вітчизняної селекції. За ефективного її функціонування будуть збільшені обсяги виробництва насіння, що сприятиме популяризації національних сортових ресурсів ^{68, 69}.

Розповсюдження сорту (зокрема торгівля насінням і садивним матеріалом) можливе лише за умови його внесення до Державного реєстру сортів рослин придатних для поширення в Україні, перелік яких на третій квартал 2024 р. налічував 14 654 сорти, з яких 3 603 батьківських компонентів кукурудзи. За позитивного збільшення кількісного складу негативним є зниження частки сортів вітчизняної селекції з 47,9 % (3 604 шт.) – у 2014 р. до 44,8 % (6 569, з яких 1 700 компоненти кукурудзи) – у 2024 р. Частка сортів українських заявників у Реєстрі становить 44 %, зокрема: кукурудзи – 45,3 %, соняшнику – 32,9, овочів – 23,3, ріпаку – 19,1 %, буряків кормових. Пріоритетність вітчизняної селекції відмічена для сортів таких груп:

⁶⁷ Сірий ринок насіння в Україні сягає 20 %. Серпень 2024 р. URL: <https://superagronom.com/news/19357--siryi-rinok-nasinnya-v-ukrayini-syagaye-20> (дата звернення: 05.11.2024 р.).

⁶⁸ Грюнвальд Н. В., Захарчук О. В., Мацибора Т. В. Перспективи розвитку насіннєвої галузі України. *Економіка АПК*. 2022. Т. 29, № 1 С. 18–25. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202201018>.

⁶⁹ Світовий ринок насіння та інтеграція України в нього. Насінництво: теорія і практика прогнозування продуктивності сортів і гібридів за якістю насіння та садивного матеріалу / М. Каленська та ін. *Наукові праці Південного філіалу «Кримський агротехнологічний університет» Національного аграрного університету. Сільськогосподарські науки*. Сімферополь, 2009. Вип. 127. С. 30–34.

зернові – 52,3 %, зокрема пшениця озима – 52,3 %, ярий ячмінь – 66, кормові культури – 64,2, лікарські та декоративні види – 88,7 %⁷⁰.

Поступово нарощується експорт виробленого в Україні гібридного насіння зернових та олійних культур вітчизняної та іноземної селекції. Якщо у 2022 р. він становив 77,2 млн доларів, то в наступному збільшився в 1,5 раза – до 119,5 млн доларів. Протягом 2023 р. з нашої держави вивезено 42,5 тис. т насіння, що є найвищим результатом за період незалежності; водночас ввезено у 7,2 раза менше – 5,9 тис. т (найнижчий показник за останні 15 років). У структурі експорту традиційно домінує кукурудза з часткою 97,4 %^{71, 72, 73, 74, 75}.

Попри деякі позитивні моменти наша держава відрізняється від інших європейських країн низьким рівнем забезпечення виробничих посівів якісним кондиційним насінням вищих категорій і задоволення потреб можливого потенційного експорту. Через це можна втратити власну селекцію, що призведе до повної залежності від іноземної. Для вітчизняних та іноземних селекціонерів необхідно на законодавчому рівні прийняти однакові умови (в частині реєстрації за спрощеною системою) та єдиний підхід до комерційного обігу сортів і торгівлі насінням. Це стало б важливим кроком у гармонізації та адаптації до спільної аграрної політики ЄС та підвищенні конкурентоспроможності України⁷⁶.

Розробка організаційних форм і технологічних способів одержання високоякісного насіння сортів і гібридів, включених в Державний реєстр сортів рослин України, метою яких є повніша

⁷⁰ Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. URL: <https://sops.gov.ua/ua/derzavnij-reestr> (дата звернення: 14.02.2024 р.).

⁷¹ Реєстр сертифікатів на насіння та/або садивний матеріал в Україні. Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reystestr-sertifikativ-na-nasinnya-taabo-sadivnij-material> (дата звернення: 14.02.2024 р.).

⁷² Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 08.11.2024 р.).

⁷³ Про затвердження Порядку сплати зборів за дії, пов'язані з охороною прав на об'єкти інтелектуальної власності: постанова Кабінету Міністрів України від 23.12.2004 р. № 1716. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/10382176> (дата звернення: 08.11.2024 р.).

⁷⁴ Про охорону прав на сорти рослин: Закон України від 21.04.1993 р. № 3116-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3116-12#Text> (дата звернення: 08.11.2024 р.).

⁷⁵ Про насіння і садивний матеріал: Закон України № 411-IV від 26.12.2002. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/411-15#Text> (дата звернення: 08.11.2024 р.).

⁷⁶ Охорона прав на сорти рослин: Бюлетень / Український інститут експертизи сортів рослин. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2024. Вип. 3. 76 с. https://sops.gov.ua/uploads/page/buletен/2024/B_3_2024.pdf (дата звернення: 11.11.2024 р.).

реалізація їх урожайних можливостей зі збереженням господарсько-біологічних властивостей та використанням методів генетики, біотехнології, рослинництва, фітопатології й інших наук є стратегічним питанням нашої держави^{77, 78}.

Сучасне сільськогосподарське виробництво ставить великі вимоги до сортів і гібридів: добра пристосованість до місцевих кліматичних умов; висока врожайність і якість, стійкість до несприятливих умов; підвищений імунітет; придатність до вирощування за інтенсивними технологіями з повним використання сільськогосподарських машин, добрив і хімічних засобів, підвищені смакові й харчові якості, висока пластичність, придатність до збирання, зберігання і перероблення⁷⁹.

Рекомендовані сорти замінюються новими продуктивнішими, стійкими до несприятливих абіотичних і біотичних факторів. Враховуючи, що в умовах виробництва генетична потенційність сорту реалізується лише на 30–40 % підбираючи сорти сільськогосподарських культур для вирощування в тій чи іншій зоні ми повинні враховувати його екотип і вирощувати декілька сортів, які б доповнювали один одного^{80, 81}.

Потенційні можливості сорту можуть бути реалізовані лише за високої якості насіння – чистосортності, схожості, стійкості до ураження хворобами й шкідниками. Через насіння передаються генетичні властивості сортів. Будь-який добре відселектований сорт стійко зберігає свої спадкові якості в ряді поколінь. Однак посівні, врожайні якості насіння залежать не тільки від генетичної основи, а й від умов розвитку материнської рослини, на якій формується насіння, від абіотичних факторів – кліматичних умов певного регіону, і

⁷⁷ Кіндрук М. О., Соколов В. М., Вишневський В. В. Насінництво з основами насіннезнавства / За ред. М. О. Кіндрука. Київ : Аграрна наука, 2012. 264 с.

⁷⁸ Насінництво і насіннезнавство польових культур / за ред. М. М. Гаврилюка. Київ : Аграрна наука, 2007. 216 с.

⁷⁹ Спеціальна селекція польових культур: навчальний посібник / В. Д. Бугайов та ін. ; за ред. М. Я. Молоцького. Біла Церква, 2010. 368 с. URL: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u150/spec_selekcia.pdf (дата звернення: 11.11.2024 р.).

⁸⁰ Формування насінневої продуктивності та посівних якостей насіння сільськогосподарських культур в умовах Західного Лісостепу України / О. П. Волощук та ін. Львів : ЛПГА Львів, 2013. 323 с.

⁸¹ Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Мазур О. В. Насіннезнавство: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт студентами галузі знань 0901 «Сільське господарство і лісівництво», напрям підготовки 6.090101 – “Агрономія” за освітньо-кваліфікаційним рівнем “Бакалавр” : Вінницький національний аграрний університет. Вінниця : ВНАУ, 2017. 124 с. URL: <http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/14497.pdf>.

біотичних, які обумовлюються ступенем агротехніки, розмноженням хвороб і шкідників за вирощування насіння^{82, 83}.

У процесі розмноження з різних причин спостерігається зниження показників якості насіння, що призводить до погіршення сорту. Збереження сортових якостей можливе тільки за добре налагодженого насінництва. Насіння високої якості порівняно зі звичайним забезпечує приріст врожаю близько 0,3–0,4 т/га і цей резерв підвищення є вагомим для сільськогосподарських виробників^{84, 85}.

Ступінь придатності насіння до сівби характеризують посівні якості насіння, які безпосередньо пов'язані з оптимізацією їх висіву (розрахунок норми висіву та ін.). У практиці насіннєвого контролю застосовуються лише деякі з них – котрі наведені в державних стандартах і нормуються (лабораторна схожість, чистота, вологість), або ж визначаються в насіннєвих лабораторіях тільки для відома господаря насіння (енергія проростання, маса 1000 насінин). До найголовніших показників посівних якостей можна віднести лабораторну схожість, енергію проростання, крупність⁸⁶.

Під врожайними властивостями насіння розуміють здатність різного насіння одного генотипу за однакових агротехнічних умов давати різні врожаї, а рослини, одержані з насіння з різними врожайними властивостями, можуть відрізнятися за рядом фенотипових і господарськоцінних ознак. Тобто це сукупність властивостей і ознак, здатних відповідно впливати на формування посіву як фотосинтезувальної системи, його структуру, ріст, розвиток,

⁸² Макрушин М. М., Макрушина Є. М. Насінництво (методологія, теорія, практика) : підручник, видання друге, доповнене і перероблене. Сімферополь : ВД «Аріал», 2012. 536 с.

⁸³ Detection of perspective winter wheat genotypes by electrophoretic spectra of storage proteins / N. O. Kozub et al. *Миронівський вісник*. 2015. Вип. 1. С. 105–118. URL: <https://mv-mir.com.ua/images/2016/Vipusk1/13.pdf> (дата звернення: 11.11.2024 р.).

⁸⁴ Спеціальна селекція і насінництво польових культур : навчальний посібник / Н. І. Рябчун та ін. ; за ред. В. В. Кириченка. Харків : ІР імені В. Я. Юр'єва НААН України, 2010. 462 с.

⁸⁵ Мазур О. В., Мазур О. В., Лозінський М. В. Селекція та насінництво польових культур : навчальний посібник. Вінниця : ТВОРИ, 2020. 348 с. URL :<http://repository.vsau.org/getfile.php/25422.pdf> (дата звернення: 11.11.2024 р.).

⁸⁶ Насіннєзнавство та методи визначення якості насіння сільськогосподарських культур: навчальний посібник / за ред. С. М. Каленської. Вінниця : ФОП Данилюк, 2011. 275 с. URL <https://dspace.pdau.edu.ua/items/e0ef124c-7405-48ac-942d-462671a7acf2/full> (дата звернення: 11.11.2024 р.).

що в кінцевому підсумку визначає рівень біологічного й господарського врожаю⁸⁷.

Урожайні властивості насіння пов'язані з фенотиповою мінливістю і мають модифікаційний характер, який залежить від кліматичних факторів й агротехнології насінництва^{88, 89}.

Різниця в урожайності одного і того самого сорту залежно від умов формування насіння на рослинах може досягати 80–120 %. Першим з цих факторів є ґрунт. Встановлено, що різниця в урожайних властивостях насіння, вирощеного на різних типах ґрунту невелика і виявляється не в усі роки. Вона залежить від рівня поживних речовин в них і за збалансованого внесення NPK не знижується. Значною мірою на формування врожайних властивостей насіння впливає температура, особливо в період від колосіння, або появи волоті до дозрівання. Високі показники формуються за середньодобової температури – 15 °С. Як підвищення, так і зниження температурного режиму в цей період погіршують врожайні властивості насіння. Безпосередніми наслідками цього є: за пониженої температури – зменшення польової схожості; за підвищеної – різке зниження виживаності рослин. Під певним впливом факторів середовища і фізіологічного стану материнських рослин зародок та ендосперм виконують нерівнозначні функції у виявленні продуктивності насіння. Зародок у насінні виконує переважно генетичну функцію. У ньому закладені механізм і програма розгортання спадкової інформації. Запасні речовини ендосперму забезпечують реалізацію цієї програми й виявлення потенційних можливостей генотипу. Якість ендосперму зумовлює реалізацію можливостей зародка. Лімітні фактори в комплексі умов формування і реалізації продуктивності насіння створюють різні варіації

⁸⁷ Жемойда В. Л. Насіннєзнавство. *Енциклопедія сучасної України*; НАН України, НТШ. Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2020. URL <https://esu.com.ua/article-70527> (дата звернення: 11.11.2024 р.).

⁸⁸ Негіс І. Т. Посухи та їх вплив на посіви озимої пшениці : монографія. Херсон : Айлант, 2008. С. 8–18.

⁸⁹ Коломієць Л. А., Кириленко В. В., Маринка С. М. Формування показників адаптивності (урожайності, маси 1000 зерен та натури зерна) ліній пшениці озимої залежно від гідротермічних умов у зоні Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 102. С. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2012.59814>, URL <https://journals.urau.ua/pbsd/article/view/59814>.

модифікаційного характеру і відповідно впливають на урожайні якості^{90, 91}.

2.1. Вплив попередників на формування насіннєвої продуктивності сортів

До вирощування насіння ставлять особливі вимоги, останнім часом застосовують інтенсивну технологію не тільки на товарних посівах, а і на насінницьких, при цьому зростає роль сортової агротехніки^{92, 93}.

У комплексі сортових технологій, які забезпечать високий коефіцієнт розмноження, вихід кондиційного насіння та показники посівних якостей, особливе місце відводиться маловитратним високоефективним та екологічно безпечним агрозаходам, таким як сорти, попередники, строки сівби, передпосівна обробка та позакореневе застосування регуляторів росту. Після реформування агропромислового комплексу виробництвом репродукційного насіння в західному регіоні займаються фермерські й малоземельні селянські господарства, в яких рекомендовані для насінницьких посівів 9–10-пільні сівозміни замінені на короткоротаційні (3–4), насичені економічно вигідними культурами. Це призвело до розміщення насінницьких посівів пшениці озимої не після кращих попередників (багаторічні бобові трави, кукурудза на зелену масу, рання картопля і т. ін.), а після нетрадиційних (ріпак озимий, овес)^{94, 95}.

⁹⁰ Weather Factors and Their Influence on the Adaptive Properties of Winter Wheat Varieties in the Western Forest-Steppe of Ukraine / M. Zapisotska et al. *Scientific Horizons*, 2021, Vol. 24, No. 6. P. 34–40. DOI: [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(6\).2021.34-40](https://doi.org/10.48077/scihor.24(6).2021.34-40).

⁹¹ Formation of Seed Productivity and Sowing Qualities of Soft Winter Wheat Seeds Depending on the Levels of Mineral Nutrition of Plants in the Western Forest-Steppe of Ukraine / I. Voloshchuk et al. *Scientific Horizons*, 2021, Vol. 24, No. 11. P. 38–44. DOI: [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(11\).2021.38-44](https://doi.org/10.48077/scihor.24(11).2021.38-44).

⁹² Influence of climatic factors on *Triticum aestivum* L. grains formation in F₁ crossing varieties with 1AL.1RS and 1BL.1RS translocations / V. V. Kyrylenko et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11 (2). P. 99–105. DOI: https://doi.org/10.15421/2021_85.

⁹³ Вплив сортових технологій вирощування пшениці м'якої озимої на рентабельність виробництва в Західному Лісостепу України / І. С. Волощук та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 70 (1). С. 76–89. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-1-6](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-1-6).

⁹⁴ Волощук О. П., Волощук І. С., Глива В. В. Вплив попередників на формування врожайних властивостей пшениці озимої в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2013. Вип. 55 (І). С. 19–25. URL http://nbuv.gov.ua/UJRN/pgzt_2013_55%281%29__6.

⁹⁵ Технологія вирощування пшениці озимої на насіння в умовах Західного Лісостепу : методичні рекомендації / О. П. Волощук та ін. *Оброшино* : [Б. в.], 2013. 30 с.

За результатами наукових досліджень проведених у відділі насінництва та насіннєзнавства Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, вплив попередників на польову схожість висіяного насіння пшениці м'якої озимої був вірогідним. Вищим цей показник був за попередника вівса 84,5–88,1 %, а нижчим на 2,8–3,0 % – за ріпаку озимого, на що, очевидно, впливала якість обробітку ґрунту, пов'язана з відносно більшою кількістю післяжнивних решток. Реакція сортів на попередник була в межах помилки 1–2 %. Найвищу польову схожість насіння за обох попередників спостерігали у 2012 р. – 91,4–95,2 %, а найнижчу у 2011 р. – 70,4–74,9 % при менших запасах продуктивної вологи ґрунту. Рівень росту й розвитку рослин на час припинення осінньої вегетації залежав від погодних умов, сортових особливостей та попередників. За ріпаку озимого рослини мали довшу на 1,1–1,2 см кореневу систему, були вищими на 1,1–1,4 см, сформували більше на 0,1–0,2 шт. пагонів і на 0,3–0,6 шт. листків. Накопичення вуглеводів у вузлах кушіння рослин залежало від погодних умов осіннього періоду, які впливали на проходження фаз загартування рослин, попередників і властивостей сортів. Більшою кількістю цукрів відрізнялись сорти – Ясочка (27,6 %) Романтика (27,7 %), Царівна (28,8 %). Сприятливі умови зимово-весняних періодів, висока адаптивна властивість сортів та попередники забезпечили перезимівлю рослин пшениці озимої в межах 89,9–96,3 % за попередника ріпаку озимого і 93,4–96,9 % – за вівса. Чиста продуктивність фотосинтезу пшениці озимої була вищою на 0,5–1,3 г/м² сухої речовини за добу за попередника ріпаку озимого ($HP_{0,05}$ 0,44) порівняно з вівсом ($HP_{0,05}$ 0,38).

Залежно від попередників стійкість рослин у сортів пшениці озимої до хвороб у фазу молочної стиглості змінювалася і перевищувала ЕПШ (економічний поріг шкідливості: фузаріозу – 10–15 % уражених рослин; септоріозу – 5 % ураженої площі рослин; борошнистої роси – 1 % уражених листків; темно-бурої плямистості листя – ураження рослин понад 5 %). На ураження рослин пшениці озимої хворобами мали вплив попередники, імунна стійкість сортів і погодні умови вегетаційних періодів (рис. 1).

Після попередника вівса ураження рослин кореневими гнилями було нижчим на 1,0–4,5 %, висока стійкість спостерігалася у сортів: Царівна, Ясочка, Романтика, Лісова пісня, Деметра (1,0–1,3 %). За розвитком борошнистої роси різниця по попередниках була в межах 1,5–2,5 %. Овес – знижував ураження рослин септоріозом листя на

1–2 % та підвищував темно-бурою іржею – на 2,4 %. Розвиток фузаріозу і септоріозу колоса залежав від високої температури повітря та кількості опадів у період формування насіння і генетично закладеної стійкості сортів до цих хвороб.

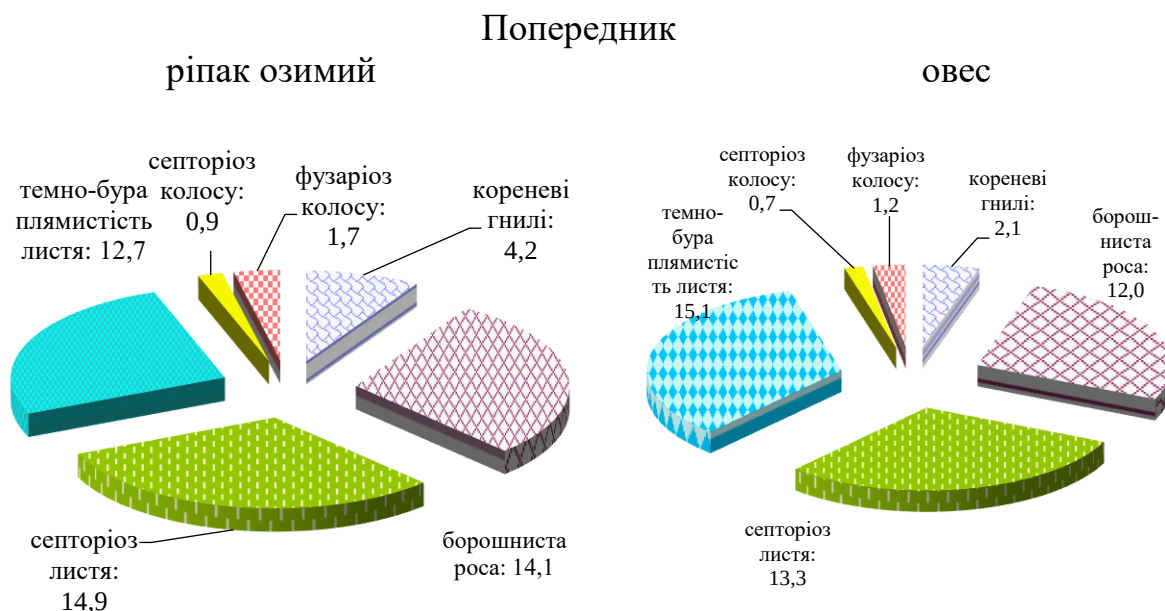


Рис. 1. Ураження пшениці озимої хворобами залежно від попередника, %

За попередника ріпаку озимого зернова продуктивність становила 5,36–5,74 т/га, за вівса – 4,78–5,28 т/га, насіннева, відповідно 3,86–4,33 і 3,49–3,94 т/га (рис. 2).

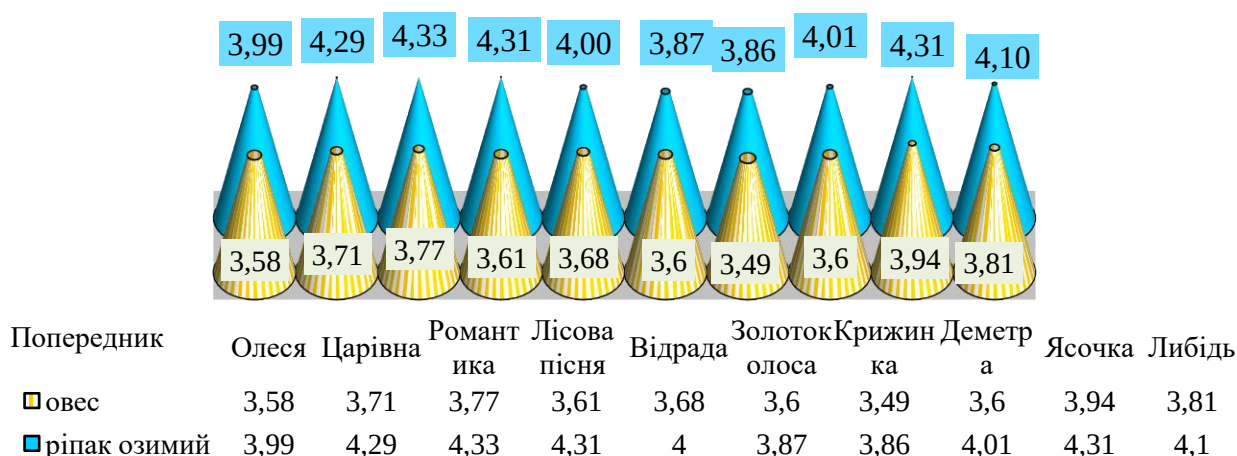


Рис. 2. Урожайність насіння сортів пшениці озимої залежно від попередників, т/га

Високу масу 1000 насінин (43,3–45,0 г) у сортів, що досліджували забезпечив попередник ріпак озимий, після вівса цей показник був на 0,9–1,8 г нижчий (рис. 3). Найбільше реагували на попередник зниженням маси 1000 насінин сорти: Крижинка (1,8 г), Деметра (1,7 г), менш чутливими були – Романтика і Царівна (по 0,9 г).

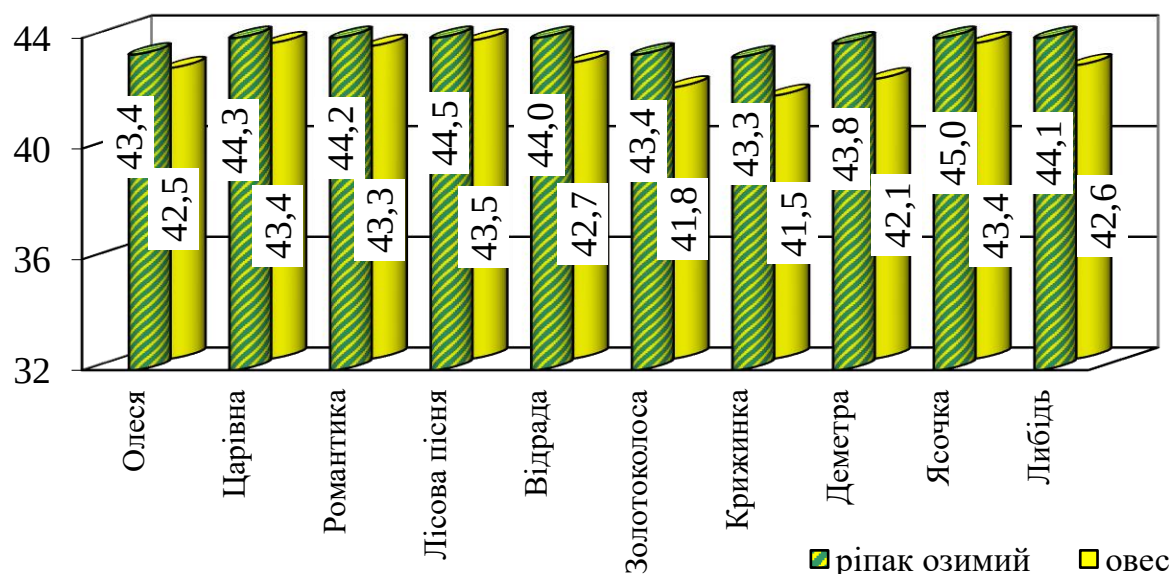


Рис. 3. Маса 1000 насінин сортів пшениці озимої залежно від попередників, г

2.2. Реакція сортів на строки сівби

Урожайним й посівним властивостям вирощеного насіння за різних строків сівби відводиться особливе значення у технології пшениці озимої. Від них залежить генотипова однорідність посіву в подальших репродукціях, щільність стеблостою, інтенсивність початкового росту і т. д. Як за ранніх, так і пізніх строків сівби продуктивність рослин зменшується. У першому випадку пшениця озима розвиває велику вегетативну масу, сильно кущиться, внаслідок переростання рослини починають інтенсивно використовувати запасні речовини й стають менш стійкими до несприятливих умов, знижують зимостійкість. Крім того, рослини ранніх строків сівби більше пошкоджуються шкідниками й хворобами, посіви більше забур'янені, можуть випривати. Навесні, коли пшениця кущиться, бур'яни випереджають її в рості й затінюють, забираючи значну частину елементів живлення і вологи. Все це призводить до сповільнення росту, зрідження посівів та зменшення врожаю. Рослини пізніх строків сівби довше сходять, не встигають восени розкущитись, розвинути

достатню кореневу систему і надземну масу. Щодо стійкості рослин пізніх строків сівби проти несприятливих умов перезимівлі немає єдиної думки^{96, 97, 98}.

За нашими даними, порівняно з оптимальним строком сівби за допустимого польова схожість насіння пшениці м'якої озимої була нижчою на 4,0–4,6 %, а за пізнього – на 8,0–8,6 %. Накопичення вуглеводів у вузлах кушіння рослин безпосередньо залежало від їх віку, який обумовлював оптимальний розвиток рослин при входженні в зиму, тому порівняно з оптимальними строками сівби за допустимих їх кількість була меншою на 0,8–1,8 %, а за пізніх – на 3,6–5,0 %. Середній відсоток перезимівлі сортів знижувався на 2,8–4,7 за допустимого і на 8,0–12,0 – за пізніх строків сівби. У VIII–XI етапах органогенезу за усіх строків сівби сорти відрізнялися за показником чистої продуктивності фотосинтезу, який за оптимального строку сівби становив 9,7 г/м² сухої речовини за добу, за допустимого – 8,3, а за пізнього – 6,1 г/м² сухої речовини за добу.

Агрозаходи, які вивчали так чи інакше впливали на ураження рослин хворобами. Зміщення до пізніших термінів зменшувало ураженням кореневими гнилями з 4,7–5,5 % (оптимальний) до 3,8–4,1 % (допустимий) і до 2,9–3,1 % (пізній) (рис. 4).

Різну стійкість сортів спостерігали до ураження борошнистою росою – 13,3–14,9 % (оптимальний), 16,1–17,6 (допустимий), 11,9–13,4 % (пізній). На розвиток септоріозу листя строки сівби не мали впливу, розвиток темно-бурої плямистості в фазу молочної стиглості за оптимального строку сівби становив 11,6–13,7 %, допустимого – 10,4–12,1 %, пізнього – 9,1–11,1 %. Ураження колосу септоріозом і фузаріозом зростало на посівах оптимальних строків сівби й зменшувалося за допустимих і пізніх.

⁹⁶ Волощук О., Волощук І., Глива В. Насіннева продуктивність та посівна якість сортів пшениці озимої залежно від строків сівби в умовах Західного Лісостепу України. *Корми і кормо виробництво*. 2014. Вип. 79. С. 82–88. <file:///C:/Users/Admin/Downloads/429-Article%20Text-680-1-10-20201217.pdf>.

⁹⁷ Волощук І. С., Глива В. В. Вплив строків сівби пшениці озимої на фракційний склад насіння. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2014. Вип. 56 (І). С. 15–21. [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=pgzt_2014_56\(1\)_5](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=pgzt_2014_56(1)_5).

⁹⁸ Біловус Г. Я., Волощук О. П., Глива В. В. Роль строків сівби в обмеженні розвитку септоріозу. *Сільський господар*. 2012. № 5–6. С. 16–18.

Хвороби колосу

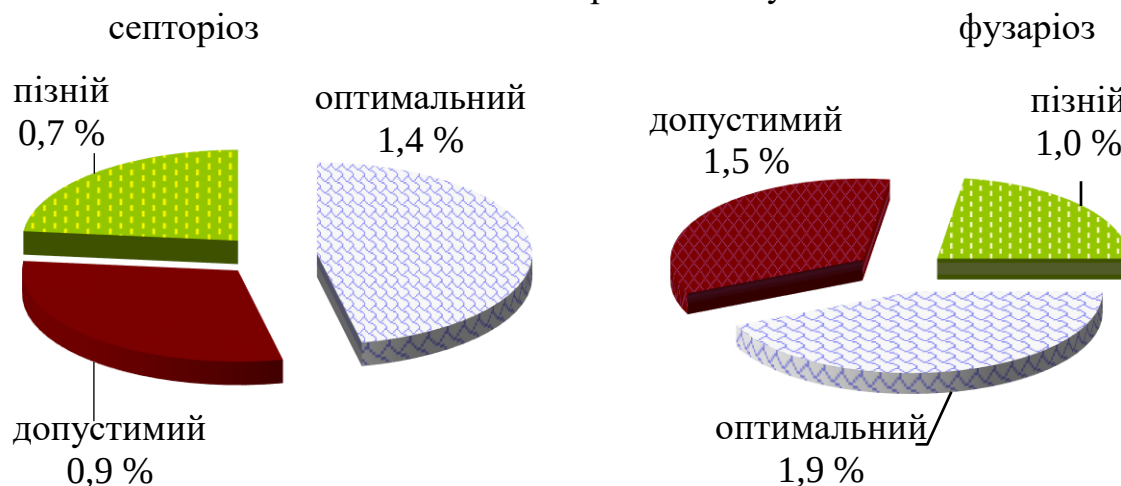


Рис. 4. Ураження пшениці озимої хворобами колосу залежно від строку сівби, %

Залежно від строків сівби сорти забезпечили урожайність зерна на рівні 5,87–5,95 т/га (оптимальний), 5,52–5,62 т/га (допустимий) і 4,38–4,70 т/га (пізній) (рис. 5).

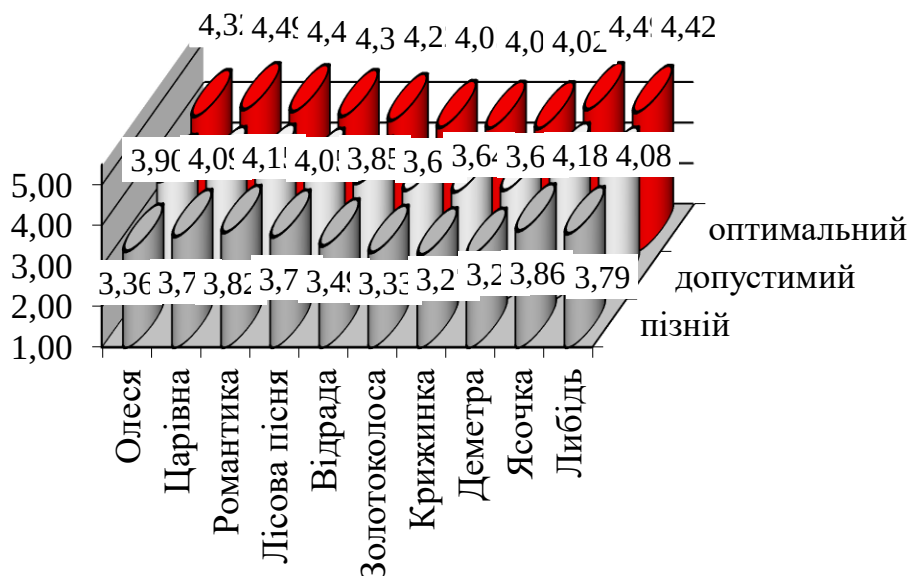


Рис. 5. Урожайність насіння пшениці озимої залежно від строку сівби та сорту, т/га

Великий їх вплив спостерігали на вихід кондиційного насіння, який з 70–74 % за оптимального знижувався до 56–66 % за допустимого і до 49–60 % за пізнього, або відповідно на 8–15 і 14–21 %. Середня урожайність насіння по всіх сортах сформувалася на рівні 4,28 т/га за оптимального, 3,93 т/га – за допустимого і 3,56 т/га – за пізнього строку сівби.

Таблиця 1

Фракційний склад насіння пшениці озимої залежно від строків сівби та сорту, %

Сорт	Фракції насіння, мм											
	строк сівби						пізній (15-25.10)					
	допустимий (05-15.10)						оптимальний (15-25.10)					
	оптимальний (25.09-05.10)		допустимий (05-15.10)		строк сівби		допустимий (05-15.10)		оптимальний (15-25.10)		строк сівби	
	2,5-2,8	2,2-2,5	2,0-2,2	2,5-2,8	2,2-2,5	2,0-2,2	2,5-2,8	2,2-2,5	2,0-2,2	2,5-2,8	2,2-2,5	2,0-2,2
Олеся (контроль)	48,8	17,5	3,7	37,4	19,5	4,1	-11,4	2,0	0,4	18,7	29,0	8,3
Царівна	56,8	15,4	1,8	45,3	18,4	2,3	-11,5	3,0	0,5	30,1	25,3	4,6
Романтика	55,2	15,2	2,6	42,6	18,2	3,2	-12,6	3,0	0,6	26,3	25,6	6,1
Лісова пісня	52,2	16,6	3,2	36,6	19,7	3,7	-15,6	3,1	0,5	19,2	28,7	7,1
Відрода	52,5	16,4	2,1	38,0	19,3	3,7	-14,5	2,9	1,8	20,3	28,0	6,7
Середнє	53,1	16,2	2,7	40,0	19,0	3,4	-13,1	2,8	0,8	22,9	27,5	6,6
Золотоко- лоса	49,4	17,1	3,5	41,9	18,7	3,4	-7,5	1,6	-0,1	15,8	29,7	6,5
Крижинка	49,1	17,3	3,6	36,1	20,0	3,9	-13,0	1,7	0,3	15,6	29,8	7,6
Деметра	49,8	17,0	3,2	28,2	23,6	4,2	-21,6	6,6	1,0	9,9	30,6	8,5
Ясочка	56,3	15,7	2,0	36,4	19,9	2,7	-19,9	2,2	0,7	22,5	27,1	5,4
Либідь	55,5	15,0	2,5	38,5	19,5	3,0	-17,0	4,5	0,5	24,9	26,2	5,9
Середнє	52,0	16,4	3,0	36,2	20,4	3,4	-15,8	3,3	0,5	17,5	28,7	6,8

Порівняно з оптимальним строком сівби зниження сягало 0,35 т/га – за допустимого і 0,72 т/га – за пізнього. Сорти по-різному реагували на строки сівби, більш вимогливими були: Ясочка, Либідь, Романтика, Царівна, а менше – Крижинка, Демерта. Коефіцієнт розмноження насіння знижувався з 16,0–18,0 одиниць за оптимального строку сівби до 14,3–16,7 – за допустимого і 12,8–15,4 одиниці – за пізнього.

Зміщення термінів сівби до допустимого та пізнього впливало на зниження виходу великої фракції й підвищення середньої й дрібної. За оптимального строку сівби вихід великої фракції насіння (2,5–2,8 мм) був найвищим і коливався від 48,8 до 56,8 %, середньої (2,2–2,5 мм) – 15,0–17,5 %, а дрібної (2,0–2,2 мм) – найнижчий 1,8–3,7 % на що впливали різні показники сформованої маси 1000 насінин (табл. 1). Якщо за оптимальних строків сівби маса 1000 насінин становила 42,8–46,9 г, то за допустимих була меншою на 0,3–1,3 г, а за пізніх – на 1,2–2,4 г. На енергію проростання насіння та лабораторну схожість вірогідного впливу не було.

2.3. Ефективність застосування макро- і мікродобрив у технології вирощування пшениці м'якої озимої

В. В. Кириченко, В. М. Костромітін, В. А. Корчинський класифікували та дали визначення біологічної характеристики трьох типів адаптивної реакції зернових культур на різні екологічні умови вирощування. За пристосованістю до зональних умов, зокрема недостатнього, нестійкого та достатнього зволоження автори поділяють сорти на степовий, лісостеповий та поліський екотипи, кожен із яких своєю чергою за реакцією на рівень оптимізації агрофону вирощування може бути з вузькою нормою реакції (екстенсивні), середньою (напівінтенсивні) і широкою (інтенсивні)⁹⁹.

Сірі лісові поверхнево оглеєні ґрунти Західного Лісостепу характеризуються низьким вмістом гумусу, рухомих форм поживних речовин, підвищеною кислотністю, промивним режимом. Для отримання високоякісного насіння необхідне оптимальне, збалансоване за елементами живлення рослин. Інтенсивні сорти мають

⁹⁹ Кириченко В. В., Костромітін В. М., Корчинський В. А. Формування сортової структури зернових колосових культур за агроекологічним принципом. *Вісник аграрної науки України*. 2002. № 4. С. 26–28.

високі вимоги до рівня живлення за якого реалізують свій генетичний потенціал¹⁰⁰.

За даними Г. М. Господаренко на формування 1 т зерна потрібно: N – 28–37 кг/т, P – 11–13 кг/т, K – 20–27 кг/т, Ca – 5 кг/т, Mg – 4 кг/т, S – 3,5 кг/т, B – 5 г/т, Cu – 8,5 г/т, Fe – 270 г/т, Mn – 82 г/т, Zn – 60 г/т, Mo – 0,7 г/т¹⁰¹.

Залежно від типу ґрунту й інтенсивної технології вирощування культури, для західних регіонів Лісостепу, співвідношення N : P : K становить 1,5 : 1 : 1, оскільки винос азоту переважає в 3–4 рази фосфор. Потреба азоту 1,0–1,3 % припадає від сходів до весняного кущіння, тому важливе значення мають підживлення азотними добривами в ранньовесняний період, у фазу кущіння – 5,0–5,5 %, виході в трубку – 4,5–5,0, колосінні – 3,0–4,0 %. При нестачі фосфору загальний стан розвитку рослин слабшає, затримується цвітіння і дозрівання. Найбільше споживання фосфору припадає на фази вихід в трубку – цвітіння. Потреба калію в початкових фазах становить 2,5–3,8 % і знижується до повної 0,8–1,0 %^{102, 103, 104}.

Особливої уваги заслуговує система живлення в насінницьких посівах. Більшість учених і фахівців вважають, що кращі умови для формування насіння настають за повного забезпечення материнських рослин елементами живлення. Згідно з науковими рекомендаціями, норма внесення азотних добрив за вирощування пшениці озимої в інтенсивних технологіях становить 120 кг/га д. р., однак надлишок азоту погіршує якість насіння, тому що в фазах молочної та воскової стиглості в ньому накопичуються нітратні форми, токсичні для зародка, а також затримується надходження до

¹⁰⁰ Voloshchuk O. P., Zapisotska M. S. Influence of mineral fertilizers on grain productivity of soft winter wheat plants in Western Forest-Steppe of Ukraine. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 71 (1). С. 8–20. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2022-\(71\)-1-1](https://doi.org/10.32636/01308521.2022-(71)-1-1).

¹⁰¹ Господаренко Г. М. Система застосування добрив : навчальний посібник. Київ: ТОВ «СІК ГРУП Україна», 2015. С. 184–198.

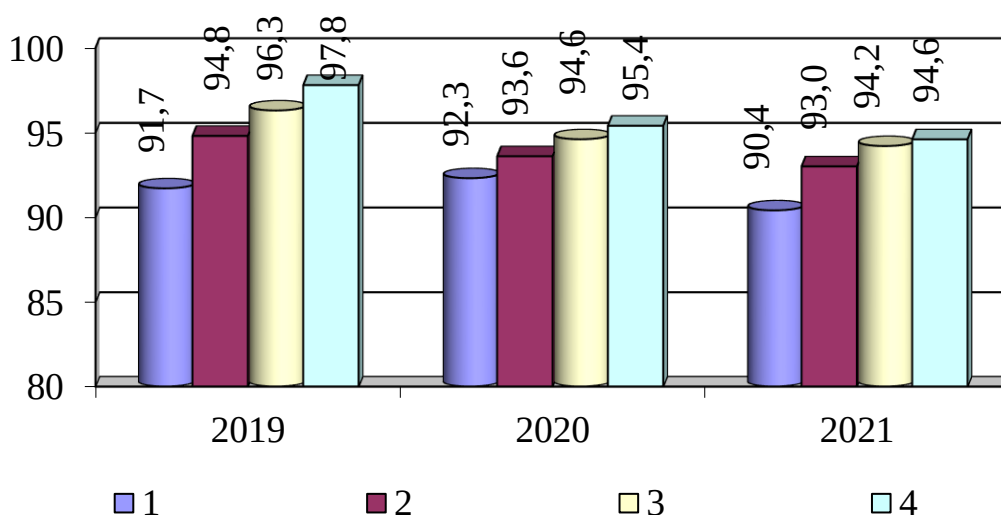
¹⁰² Автоматизація розрахунків балансу гумусу та поживних речовин в ґрунті / Н. Б. Пасько, А. В. Толбатов, О. Б. В'юненко, Р. С. Ковальов, І. А. Шеховцова. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2017. № 4 (60). С. 109–118. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vott_2017_4_16 (дата звернення: 12.11.2024 р.).

¹⁰³ Носко Б. С. Азотний режим ґрунтів і його трансформація в агроекосистемах. Харків : КП «Міська друкарня», 2013. С. 75–80. URL: <https://arhive.issar.com.ua/uk/vydannya/azotnyy-rezhym-gruntiv-i-yogo-transformaciya-v-agroekosystemah> (дата звернення: 12.11.2024 р.).

¹⁰⁴ Зубковська В. В. Оцінка фосфатного стану ґрунту на основі показників фосфат-буферності. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2015. Вип. 83. С. 80–83. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrohimigrn_2015_83_14 (дата звернення: 12.11.2024 р.).

рослин калію, кальцію й магнію, що спричиняє біологічну неповноцінність насіння. Фосфор сприяє засвоєнню рослиною цих елементів, чим покращує посівні якості й урожайні властивості насіння. Він бере активну участь у реакціях фосфорилювання, входить до складу органічних сполук і значною мірою визначає рівень енергетичних процесів у рослині. Наявність його в насінні в достатній кількості забезпечує життя молодій рослині на високому енергетичному рівні та визначає інтенсивність подальших біохімічних перетворень, розвиток рослин і кінцевий урожай. Недостатнє забезпечення ґрунту калієм призводить до затримки росту пшениці, при цьому спостерігається різка реакція рослин на температуру та вологість ґрунту, погіршується якість насіння^{105, 106}.

Нашими дослідження підтверджено, що вплив мінеральних добрив на ранньому етапі проростання насіння був незначним, тому відсоток польової схожості зростав на 0,8–1,6 % (рис. 6).



Примітка. 1 – контроль (без добрив); 2 – $N_{30}P_{50}K_{90}S_{19}$; 3 – $N_{30}P_{70}K_{120}S_{21}$; 4 – $N_{30}P_{90}K_{160}S_{28}$.

Рис. 6. Перезимівлі рослин пшениці м'якої озимої залежно від сорту та норм внесення мінеральних добрив, %

¹⁰⁵ Stępień A., Wojtkowiak K. The effect of foliar application of Cu, Zn and Mn on the yield and quality indicators of the grain of winter wheat (*Triticum aestivum*). *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2016. Issue 76 (2), P. 220–227. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392016000200012>.

¹⁰⁶ Formation of Seed Productivity and Sowing Qualities of Soft Winter Wheat Seeds Depending on the Levels of Mineral Nutrition of Plants in the Western Forest-Steppe of Ukraine / I. Voloshchuk et al. *Scientific Horizons*, 2021, Vol. 24, No. 11. P. 38–44. DOI: [http://dx.doi.org/10.48077/scihor.24\(6\).2021.38-40](http://dx.doi.org/10.48077/scihor.24(6).2021.38-40).

Перезимівля рослин сортів пшениці озимої залежала від їх розвитку на час припинення осінньої вегетації на що мав вплив рівень живлення в досліджуваних варіантах досліду. Під впливом достатнього забезпечення рослин мінеральним живленням підвищувалась зимостійкість сортів і в стані зимового спокою вони витримували перепади температур та загартовувалися. За внесення мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{50}K_{90}S_{19}$ показник зростав до 93,8 %, або на 2,3 %.

Кращий рівень живлення за вищих норм внесення $N_{30}P_{70}K_{120}S_{21}$ і $N_{30}P_{90}K_{160}S_{28}$ забезпечувало вищий відсоток перезимівлі – 95,0–95,9 %.

На фоні мінеральних добрив сорти формували більшу на 1,8–6,5 тис. m^2 /га площу листової поверхні, найвищим даний показник був у VIII етапі органогенезу (табл. 2).

Таблиця 2

Площа листової поверхні рослин сортів пшениці м'якої озимої в VIII етапі органогенезу залежно від норм мінеральних добрив, тис. m^2 /га

Норма мінеральних добрив, д.р./га	Сорт						Середнє	
	Трудівниця миронівська	МІП	Вишиванка	Грація білоцерківська	Квітка полів	Водограй	Співанка Поліська	% ± до контролю
Контроль (без добрив)	52,6	53,0	51,5	52,8	52,5	51,7	52,4	–
$N_{90}P_{50}K_{90}S_{19}$	54,3	54,9	53,4	54,6	53,9	54,0	54,2	1,8
$N_{168}P_{70}K_{120}S_{21}$	56,9	57,5	56,7	57,4	57,0	56,6	57,0	4,6
$N_{220}P_{90}K_{160}S_{28}$	58,9	59,1	58,5	59,0	58,3	59,6	58,9	6,5

$HP_{0,05}$

2,1

З підвищенням норм внесення мінеральних добрив зростали показники структури рослини та колосу (табл. 3).

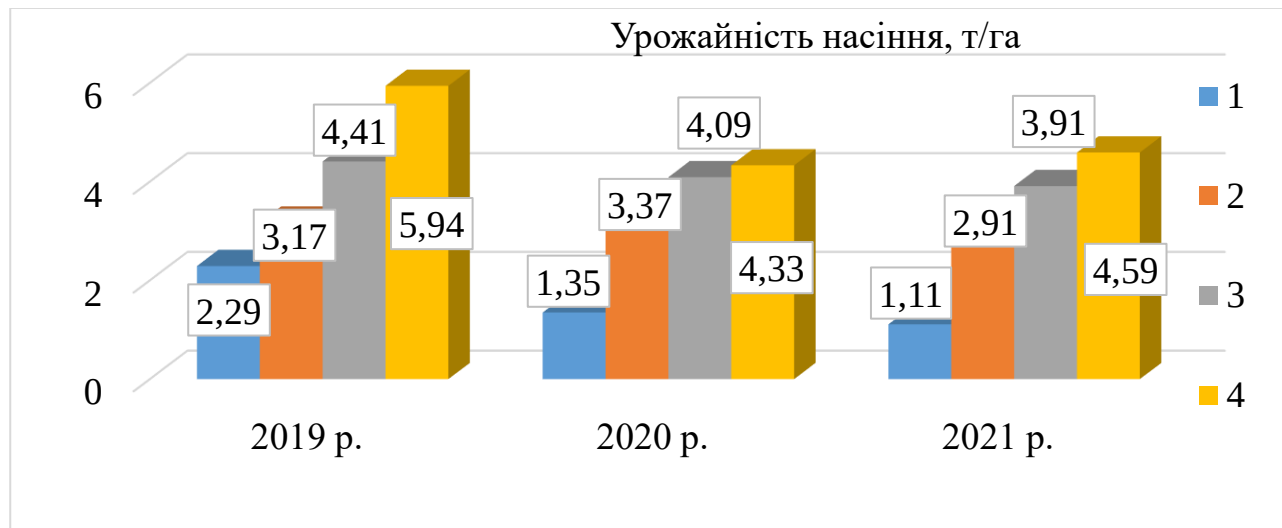
Так висота рослин на контролі (без внесення добрив) становила 89,3 см, а за норми $N_{220}P_{90}K_{160}S_{28}$ була вищою на 7,4 см. Кількість продуктивних стебел на рослині також зростала з 2,8 до 3,9 шт. Таку ж тенденцію спостерігали за довжиною колосу, кількістю колосків у колосі та зерен у колоску (2,78 см; 5,6 шт., 27 шт.). Кращий фон живлення сортів пшениці озимої сприяв збільшенню маси зерна з рослини та вищій масі 1000 насінин.

Таблиця 3

**Показники структури рослин сортів пшениці м'якої озимої
залежно від норм внесення мінеральних добрив**

Норма мінеральних добрив, д.р./га	Висота рослин, см	Кількість пагонів на рослині, шт	Довжина колоса, см	Кількість колосків у колосі, шт	Кількість зерен в колоску, шт	Маса зерна з рослини, г	Маса 1000 зерен, г
Контроль (без добрив)	89,3±1,12	2,8±0,43	7,32±0,07	14,6±0,17	30,0±0,58	1,76±0,76	41,7±0,78
N ₉₀ P ₅₀ K ₉₀ S ₁₉	91,4±2,06	3,3±0,64	8,76±0,13	17,5±0,24	44,0±0,61	2,21±0,98	45,9±0,89
N ₁₆₈ P ₇₀ K ₁₂₀ S ₂₁	93,5±2,83	3,7±0,75	9,84±0,16	19,7±0,26	51,0±0,69	2,39±1,12	46,4±0,92
N ₂₂₀ P ₉₀ K ₁₆₀ S ₂₈	96,7±3,12	3,91±0,96	10,1±0,20	20,2±0,37	57,0±0,77	2,54±1,38	47,3±0,98
HP _{0,05}	1,03	0,31	0,05	0,13	0,32	0,66	0,54

Під впливом мінеральних добрив на сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах досліджуваної ґрунтово-кліматичної зони, сорти пшениці озимої забезпечили середні показники урожайності насіння 1,11–2,29 т/га контроль (без добрив) – 4,09–4,41 т/га за норми внесення N₂₂₀P₉₀K₁₆₀S₂₈ (рис. 7).

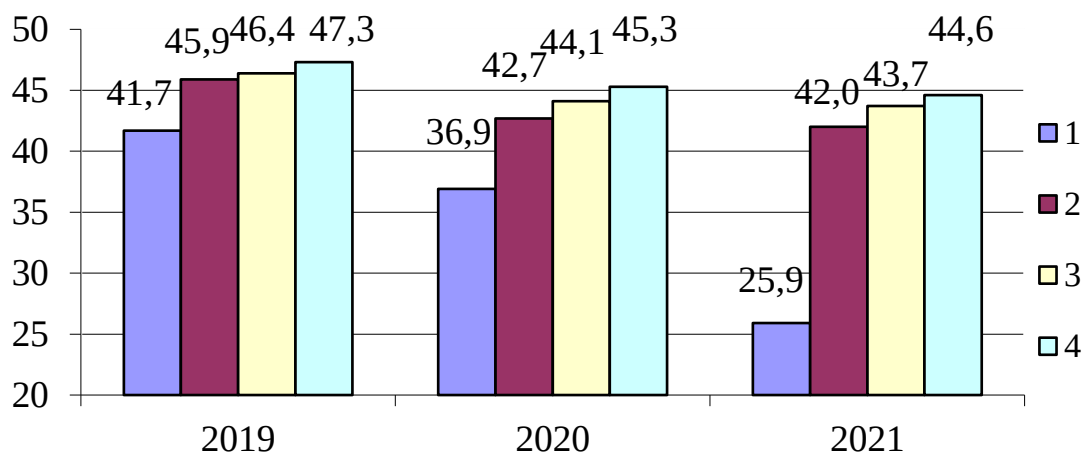


Примітка. 1 – контроль (без добрив); 2 – N₉₀P₅₀K₉₀S₁₉; 3 – N₁₆₈P₇₀K₁₂₀S₂₁; 4 – N₂₂₀P₉₀K₁₆₀S₂₈.

Рис. 7. Показник урожайності насіння сортів пшениці м'якої озимої залежно від норм внесення мінеральних добрив

Вплив добрив на зростання маси 1000 насінин був вірогідний в усі роки досліджень. Середній показник варіював від 25,9–41,7 г – на контролі до 44,6–14,3 г за норми внесення мінеральних добрив

N₂₂₀P₉₀K₁₆₀S₂₈ (рис. 8). Вища маса 1000 насінин забезпечувало високий відсоток енергії проростання (73,1–76,7 %) та лабораторної схожості (92,8–93,6 %). та сумарний вихід великої й середньої фракцій насіння 94,9–95,2 %.



Примітка. 1 – контроль (без добрив); 2 – N₉₀P₅₀K₉₀S₁₉; 3 – N₁₆₈P₇₀K₁₂₀S₂₁; 4 – N₂₂₀P₉₀K₁₆₀S₂₈.

Рис. 8. Показник маси 1000 насінин сортів пшениці м'якої озимої залежно від норм внесення мінеральних добрив (2019–2021 рр.), г

Мікроелементи, відіграють важливу фізіологічну роль у житті рослин підвищуючи їх стійкість до несприятливих погодних факторів – високих, та низьких температур, нестачі вологи, шкідників й хвороб і т. д.¹⁰⁷.

Для отримання врожайності 5 т/га потреба пшениці озимої в мікродобривах становить: кальцій – 25 кг, магній – 20, сірка – 15, марганець – 0,4, залізо – 1,3, цинк – 0,3 кг, мідь – 45 г, бор – 25, молібден – 3,5 г¹⁰⁸.

Включення у систему удобрення пшениці озимої мікроелементів необхідне через зменшення їх надходження в ґрунт і при застосуванні інтенсивних технологій вирощування. Особливої актуальності набуває пошук альтернативних способів їх внесення для формування високої якості насіння. На сьогодні створено принципово нові,

¹⁰⁷ Роль мікроелементів. Елементи живлення та їх роль в житті рослин. URL: <https://jiva-nrk.com.ua/elements> (дата звернення: 12.11.2024 р.).

¹⁰⁸ Басанець О. Технологія вирощування озимої пшениці: етапи, нюанси та відмінності залежно від регіону. 2019. URL: <https://superagronom.com/articles/290-tehnologiya-viroschuvannya-ozimoyi-pshenitsi-etapi-nyuansi-ta-vidminnosti-zalezno-vid-regionu> (дата звернення: 12.11.2024 р.).

високоєфективні форми, які потребують широкої наукової перевірки для впровадження в сільськогосподарське виробництво¹⁰⁹.

Дослідженнями встановлено, що під впливом внесених мікродобрив рослини на 10–30 % краще засвоюють основні добрива. Бор впливає на формування пилку, зменшується опадання зав'язей, підвищується морозостійкість рослин, вміст олії та урожайність. Даний елемент необхідний рослинам впродовж всієї вегетації, тому його внесення є особливо необхідним на кислих ґрунтах за вмісту менше ніж 0,3 мг/кг, хоча симптоми борного голодування можна спостерігати і на ґрунтах із добрим його забезпеченням. Марганець сприяє накопиченню цукрів та збільшенні стійкості рослин до борошнистої роси. Марганцеве голодування викликає недостача засвоюваних форм цього мікроелементу, а надлишок рухомих, на які багаті кислі підзолисті ґрунти, знижує ріст і розвиток рослин, тому необхідне вапнування ґрунтів^{110, 111, 112}.

Досягнути оптимальних показників можна лише за збалансованого живлення рослин як макро-, так і мікродобривами на що впливає форма мікроелемента, спосіб його застосування та чутливість культури до їхньої нестачі^{113, 114}.

Потенційні можливості сучасних сортів формувати урожайність зерна 7,0–10,0 т/га та насіння високої посівної якості рази в господарствах зон Західного Лісостепу і Полісся обмежується через шкодочинність хвороб. Теперішні системи захисту пшениці передбачають застосування пестицидів у передпосівній обробці

¹⁰⁹ Фатєєв А. І., Пащенко Я. В. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України. Національний науковий центр “Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського”; за ред. А. І. Фатєєва і Я. В. Пащенко. Харків, 2003. 72 с.

¹¹⁰ Čurná V., Lacko-Bartošová M. Chemical Composition and Nutritional Value of Emmer Wheat (*Triticum dicoccon* Schrank): a Review. *Journal of Central European Agriculture*. 2017. Issue 18 (1). P. 117–134. DOI: <http://dx.doi.org/10.5513/JCEA01/18.1.1871>.

¹¹¹ Marton L. Crop demand of manganese. *Environ Geochem Health*. 2012. 34, Suppl. 1. P. 123–134. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10653-011-9405-3>.

¹¹² Логінов І. В., Білера Н. М. Ефективність різних форм і способів внесення мікроелементів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2014. № 195, Ч. 1. С. 71–77.

¹¹³ Ефективність застосування регуляторів росту і мікродобрив в процесі розмноження насіння сортів пшениці озимої та ячменю ярого / Ю. І. Буряк та ін. *Селекція і насінництво*. 2015. № 107. С. 145–154. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vcnzapv_2014_16_5 (дата звернення: 12.11.2024 р.).

¹¹⁴ Биологические факторы влияния на производство семян пшеницы озимой в условиях Западной Лесостепи Украины / О. П. Волощук и др. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2020. № 1 (54). С. 7–15. DOI: <http://dx.doi.org/10.31677/2072-6724-2020-54-1-7-15>.

насіння та обприскування посівів у період вегетації, проте вони радикально не змінюють шкідливість хвороби. Мало того, хімічні сполуки, надходячи в навколишнє середовище, потрапляють у сільськогосподарську продукцію і харчові ланцюги, викликають отруєння у людей і тварин, призводять до загибелі корисних для людини й рослин мікроорганізмів та загрожують здоров'ю і життю не тільки нинішнього, а й майбутніх поколінь. Тому для поліпшення фітосанітарного стану агроценозу та отримання екологічно чистої продукції, важливе значення має вивчення та удосконалення елементів технології які на біологічному рівні розвитку рослин були б стійкими до захворювань¹¹⁵.

Інтерес дослідників і виробників до питань застосувань мікродобрих в різні фази розвитку надзвичайно великий. Сьогодні ринок пропонує десятки найменувань які тією чи іншою мірою розв'язують проблему, однак не кожна фірма-виробник дбає про всебічні дослідження, випробування та обґрунтування агрономічної доцільності застосування своїх препаратів на полях України. Гасло «гроші вирішують все» стало основним рушієм у справі впровадження значної кількості мікродобрих. Належна рекламна кампанія допомагає проштовхувати сільгосптоваровиробникам навіть низько ефективні, натомість відсутність об'єктивної інформації про окремі високоякісні групи ставить їх у ряд малопоширених та невідомих для кінцевих споживачів^{116, 117}.

У результаті проведених досліджень виявлено, що за позакореневого підживлення рослин мікродобривами у фазу ВВСН 29–31 (кінець кушіння-перший вузол) стійкість до темно-бурої плямистості зростала порівняно з контролем на 3,8–4,3 %.

¹¹⁵ Запесоцкая М. С., Волощук И. С. Экологическое испытание сортов пшеницы озимой мягкой в условиях Западной Лесостепи Украины. *Topical issues of modern science, society and education* : the 4-th International scientific and practical conference (November 1–3, 2021). SPC “Sci-conf.com.ua”. Kharkov, Ukraine. 2021. P. 43–47. URL: <https://sci-conf.com.ua/iv-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-topical-issues-of-modern-science-society-and-education-1-3-noyabrya-2021-goda-harkov-ukraina-arhiv/> (дата звернення: 12.11.2024 р.).

¹¹⁶ Запесоцка М. С. Потенціал зернової продуктивності сортів пшениці озимої м'якої за різних норм внесення мінеральних добрив. *Актуальні проблеми агропромислового виробництва України* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (с. Оброшине, 12 листоп. 2020 р.). Львів-Оброшине, 2020. С. 34–35.

¹¹⁷ Weather Factors and Their Influence on the Adaptive Properties of Winter Wheat Varieties in the Western Forest-Steppe of Ukraine / M. Zapisotska et al. *Scientific Horizons*. 2021. Vol. 24. No. 6. P. 34–40. DOI: [http://dx.doi.org/10.48077/scihor.24\(6\).2021.34-40](http://dx.doi.org/10.48077/scihor.24(6).2021.34-40).

Спостерігали вірогідне зниження септоріозу колосу на 0,9–1,5 % за позакореневого внесення оракул мультикомплекс (1,0 л/га) і на 0,7–1,0 % – яраВіта Грамітрел (1,0 л/га), а також вищою була стійкість до фузаріозу колоса, відповідно на 0,3–0,5 %.

Встановлення впливу факторів зовнішнього середовища на життя рослин дозволяє обґрунтовано застосовувати агротехнічні способи для формування високоврожайних посівів, особливо в роки коли озимі культури попадають в нетипові умови вегетації. Великі (25–50 %) втрати врожаю зумовлює вилягання посівів, яке спостерігається при випаданні великої кількості опадів і перенасиченні ґрунтового горизонту. За таких умов порушується нормальне співвідношення між масою надземної частини рослини й міцністю нижньої частини його стебла через недостатнє потовщення соломини й слабкий розвиток в ній механічних тканин. Розрізняють стеблове вилягання рослин при якому відбувається перегин, або перелом соломини й прикореневе, коли вузлове коріння не втримує соломку в прямому положенні. Ця проблема є надзвичайно актуальною в зоні Західного Лісостепу, коли в червні – липні випадає майже подвійна норма опадів, що супроводжується шквалистими вітрами.

Мікродобрива внесені в фазу ВВСН 13 (три листки) впливали на стійкість рослин до вилягання. Вони вірогідно зменшували довжину нижнього міжвузля на 0,5 см та збільшували на 1,63 мкм діаметр і 0,0012 мм товщину стебла. Довжина верхнього міжвузля порівняно з контролем (без мікродобрив) була меншою на 4,0 см, бал стійкості до вилягання підвищувався з 6,2 до 8,4. Вищі дані показники отримали від позакореневого підживлення рослин мікродобривами в фазу ВВСН 29–31 (кінець куціння-перший вузол) і рівнозначні з даним варіантом за внесення в ВВСН 32–37 (другий вузол-останній прапорцевий листок). Бал стійкості за обох варіантів був високим і становив – 9.

Наші дослідження показали, що позакореневе підживлення рослин мікродобривами оракул мультикомплекс забезпечувало зростання усіх показників елементів продуктивності рослин. Якщо на контролі висота рослин становила 91,0 см з різницею між сортами 0,30 см, то за внесення мікродобрива оракул мультикомплекс у фазу ВВСН 13 (три листки) рослини були вищими на 2,8 см, а за наступних фаз внесення на 4,1–4,2 см. За $HP_{0,05}$ вірогідне збільшення продуктивних стебел на рослині спостерігали лише з контролем. Більший вплив мали мікродобрива внесені позакоренево в фазу ВВСН 13 (три листки) на довжину колоса ($8,8 \pm 0,08$ см). Рівнозначною була кількість колосків у

колосі ($HP_{0,05} = 0,7$ шт.) за внесення мікродобрив у фази ВВСН 13 й ВВСН 29-31. За кількістю зерен у колосі різниця була лише з контролем, аналогічно й за масою зерна з рослини і масою 1000 зерен.

Таблиця 4

Показники структури рослин пшениці м'якої озимої залежно від внесення мікродобрива яраВіта Грамітрел у різні фази розвитку (середнє за сортами та роками, 2019–2021 рр.)

Фаза розвитку рослин	Показник						
	висота рослин, см	кількість продуктивних стебел, шт/рос.	довжина колоса, см	кількість, шт		маса, г	
				колосків у колосі	зерен у колоску	зерна з рослини	1000 зерен
Контроль (без мікродобрив	90,0±0,26	1,9±0,20	7,23±0,07	14,5±0,10	2,0±0,27	2,3±0,60	42,5±0,53
ВВСН 13 (три листки)	94,9±0,95	2,0±0,21	8,2±0,10	18,0±0,16	2,2±0,44	3,9±0,74	44,9±0,16
ВВСН 29–31 (кінець куціння – перший вузол)	95,4±2,32	1,9±0,35	8,0±0,10	17,5±0,24	2,2±0,61	3,5±0,78	44,1±0,29
ВВСН 32–37 (другий вузол - останній прапорцевий листок)	95,5±0,36	1,9±0,29	8,0±0,12	17,0±0,17	2,2±0,58	3,1±0,66	43,0±0,48
HP _{0,05}	1,50	0,05	0,08	0,50	0,10	0,20	0,70

За позакореневого застосування мікродобрива яраВіта Грамітрел середня висота рослин на контролі (без мікродобрив) становила 90 см з відхиленнями по сортах 0,26 см (табл. 4).

Вірогідну різницю спостерігали з контролем за висотою рослин і кількістю продуктивних стебел на рослині й не вірогідну між варіантами внесення мікродобрив у різні фази. Рослини з варіанту позакореневого підживлення яраВіта Грамітрел у фазу BBCH 13 (три листки) характеризували більшою довжиною колоса на 0,2 см ($HP_{0,05} = 0,08$ см) та кількістю колосків у колосі. Невірогідною була різниця на варіантах позакореневого підживлення мікродобривом за кількістю зерен в колоску (2,0 штю).

За збалансованого живлення на усіх варіантах дослідів порівняно з контролем збільшувалася маса зерна з рослини на 0,8–1,6 г. За внесення мікродобрива яраВіта Грамітрел у фазу BBCH 13 (три листки) маса зерна з рослини й маса 1000 зерен були найвищими, відповідно 3,9 і 44,9 г.

Позакореневе підживлення рослин було ефективним способом забезпечення рослин мікроелементами у фазі інтенсивного росту і розвитку пшениці, коли елементи живлення засвоюються рослиною у великих кількостях, а коренева система не завжди здатна отримати їх з ґрунту. Встановлена очевидна перевага позакореневого підживлення мікродобривами оракул мультикомплекс та яраВіта Грамітрел над варіантом без підживлення. Якщо на контролі середня урожайність зерна складала 5,59 т/га, то за варіанту внесення в фазу BBCH 13 (три листки) оракул мультикомплекс збільшувалася на 0,21 т/га.

Вірогідно більший приріст до контролю отримали від позакореневого підживлення рослин мікродобривом за внесення в фази: BBCH 29–31 (кінець кушіння – перший вузол) – 0,45 т/га і BBCH 32–37 (другий вузол – останній прапорцевий листок) – 0,40 т/га. У порівнянні з фазою BBCH 13 (три листки) приріст був вищим на 0,19–0,23 т/га ($HP_{0,05} = 0,10$ т/га).

Вірогідні прирости урожайності зерна отримали і за внесення мікродобрива яраВіта Грамітрел (1,5 л/га) щодо контролю вони становили, відповідно 0,25–0,52 т/га, а до фази внесення мікродобрива в BBCH 13 (три листки) – 0,21 і 0,27 т/га.

Отримані дані досліджень підтвердили, що приріст урожайності насіння значно змінювалася залежно від позакорневих підживлень (рис. 9).

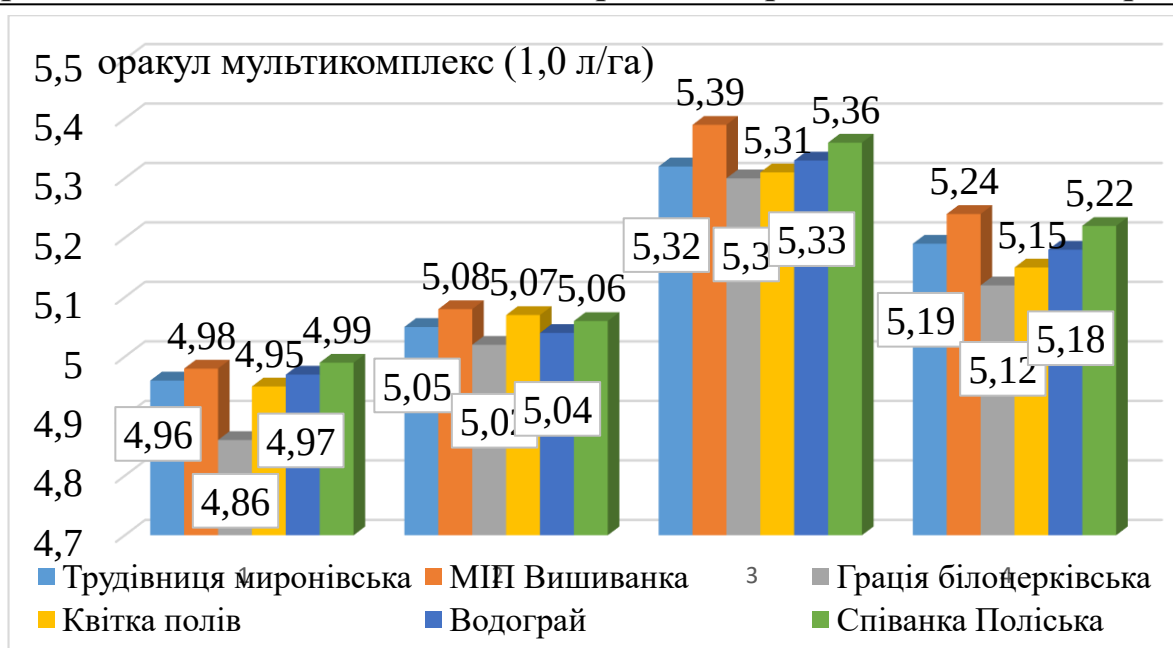


Рис. 9. Урожайність насіння сортів пшениці м'якої озимої залежно від строків позакореневого підживлення рослин мікродобривом оракул мультикомплекс (1,0 л/га) (2019–2021 рр.), т/га

За внесення мікродобрив у фазу ВВСН 13 (три листки) прирости складали 0,10–0,14 т/га і найвищими були за позакоренових підживлень у фазу ВВСН 29–31 (кінець кушіння – перший вузол) – 0,39–0,40 т/га.

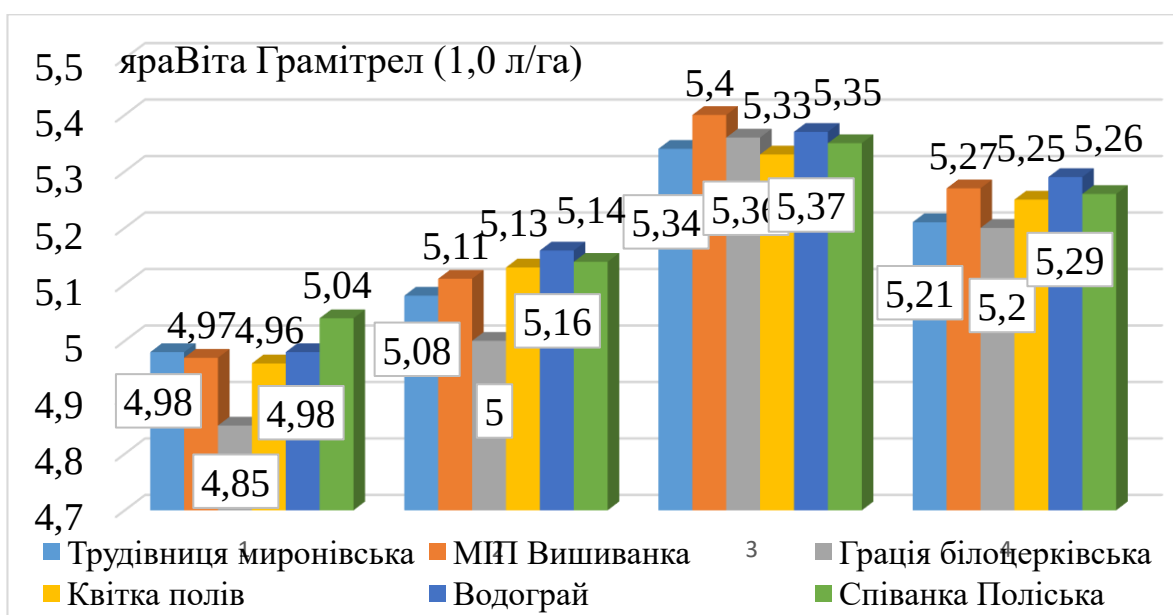


Рис. 10. Урожайність насіння сортів пшениці м'якої озимої залежно від строків позакореневого підживлення рослин мікродобривом яраВіта Грамітрел (1,0 л/га) (2019–2021 рр.), т/га

Для насінництва важливо отримувати насіннєвий матеріал з високими показниками посівних якостей, які характеризуються такими показниками, як чистота, вологість, енергія проростання, схожість, маса 1000 насінин.

Проведення позакоренових підживлень підтвердило про їх позитивний вплив на формування маси 1000 насінин (табл. 5). Якщо на контролі (без мікродобрів) даний показник був у межах 42,2–42,6 г, то за внесення в фазу ВВСН 13 (три листки) мікродобрива оракул мультикомплекс (1,0 л/га) зростав на 1,3 г, а за ЯраВіта Грамітрел (1,0 л/га) – на 1,2 г.

Таблиця 5

**Маса 1000 насінин сортів пшениці м'якої озимої
залежно від строків позакоренового підживлення рослин
мікродобривами (2019–2021рр.), г**

Фаза розвитку рослин	Сорт						Середнє		
	Трудівниця миронівська	МПП Вишиванка	Грація Білоцерківська	Квітка полів	Водограй	Співанка Поліська	т/га	± до контролю	
Оракул мультикомплекс, 1,0 л/га									
Контроль (без мікродобрив)	42,0	42,2	41,6	42,5	42,3	42,6	42,2	–	–
ВВСН 13	43,6	43,8	42,9	43,0	43,7	44,0	43,5	1,3	–
ВВСН 29	44,7	45,1	44,3	44,5	44,6	45,0	44,7	2,5	1,2
ВВСН 37	45,6	45,9	45,7	45,3	45,6	46,1	45,7	3,5	2,2
<i>НІР</i> _{0,05}							1,1		
ЯраВіта Грамітрел, 1,0 л/га									
Контроль (без мікродобрив)	42,4	42,5	42,2	42,9	42,6	42,9	42,6	–	–
ВВСН 13	43,8	44,0	43,1	43,3	44,0	44,3	43,8	1,2	–
ВВСН 29	45,1	45,6	44,7	44,9	44,8	45,3	45,1	2,5	1,3
ВВСН 37	45,7	46,0	45,9	45,5	45,8	46,4	45,9	3,3	2,1
<i>НІР</i> _{0,05}							1,0		

Примітка. Рівень мінерального живлення – N₂₂₀P₉₀K₁₆₀S₂₈.

Пізніші терміни внесення мікродобрів у ВВСН 29–31 сприяли отриманню вищої маси 1000 на 2,5 г, а в ВВСН 32–37 – на 3,3–3,5 г.

У наших дослідях зниження енергії проростання насіння під впливом високих норм азотних добрив не підтвердилося, оскільки азот був внесений за етапами органогенезу пшениці озимої, зокрема в фазі ВВСН 20–22 (мерзлоталий ґрунт) сульфат амонію (60 кг/га) + аміачна селітра (190 кг/га); ВВСН 30–32 (фаза виходу рослин у трубку) аміачна селітра (160 кг/га); ВВСН 37–49 (фаза колосіння) аміачна селітра (150 кг/га), а додаткове позакореневе підживлення рослин мікродобривами сприяло кращому їх засвоєнню (табл. 6).

Таблиця 6

**Енергія проростання насіння сортів пшениці м'якої озимої
залежно від строків позакореневого підживлення рослин
мікродобривами (2019–2021 рр.)**

Фаза розвитку рослин	Сорт						Середнє		
	Трудівниця миронівська	МІП	Вишиванка	Грація білоперківська	Квітка полів	Водограй	Співанка Поліська	т/га	± до контролю
Оракул мультикомплекс, 1,0 л/га									
Контроль (без мікродобрів)	81,8	82,0	81,1	81,3	81,5	81,3	81,5	–	–
ВВСН 13	85,9	86,0	85,1	85,5	85,3	85,8	85,6	4,1	–
ВВСН 29	87,4	87,8	87,5	87,2	86,9	87,0	87,3	5,8	1,7
ВВСН 37	88,1	88,5	88,3	88,9	88,8	89,0	88,6	7,1	3,0
<i>НІР</i> _{0,05}							0,9		
ЯраВіта Грамітрел, 1,0 л/га									
Контроль (без мікродобрів)	82,4	82,3	81,8	81,9	82,0	82,2	82,1	–	–
ВВСН 13	86,4	87,0	86,0	86,4	86,2	85,8	86,3	4,2	–
ВВСН 29	87,5	87,6	87,1	87,6	87,4	87,2	87,4	5,3	1,1
ВВСН 37	89,0	89,3	88,6	88,9	88,5	89,1	88,9	6,8	2,6
<i>НІР</i> _{0,05}							0,8		

На контролі енергія проростання насіння становила – 81,5–82,1 % і зростала на 4,1–4,2 г за внесення мікродобрів у фазу ВВСН 13 (три

листки). Найбільший вплив мали препарати внесені позакоренево в фазу ВВСН 32–37 (другий вузол – останній прапорцевий листок). За такого терміну середній показник по сортах енергії проростання зростав на 6,8–7,1 %.

Отримання високого відсотка лабораторної схожості насіння мали вплив погодні фактори періоду формування – збирання зерна, зокрема вища порівняно з середньобагаторічними даними температура повітря та менша кількість опадів (табл. 7).

Таблиця 7

Лабораторна схожість насіння сортів пшениці м'якої озимої залежно від строків позакореневого підживлення рослин мікродобривами (2019–2021 рр.)

Фаза розвитку рослин	Сорт						Середнє		
	Трудівниця миронівська	МПП Вишиванка	Грація білоцерківська	Квітка полів	Водограй	Співанка Поліська	т/га	± до контролю	
Оракул мультикомплекс, 1,0 л/га									
Контроль (без мікродобрив)	92,5	92,9	92,2	92,6	92,4	93,0	92,6	–	–
ВВСН 13	93,7	93,5	93,3	93,0	93,2	93,7	93,4	0,8	–
ВВСН 29	95,0	95,1	94,9	94,7	94,3	94,8	94,8	2,2	1,4
ВВСН 37	95,2	95,8	95,0	95,2	95,4	95,2	95,3	2,7	1,9
<i>HIP</i> _{0,05}							0,5		
ЯраВіта Грамітрел, 1,0 л/га									
Контроль (без мікродобрив)	92,9	93,4	93,0	92,8	92,6	93,3	93,0	–	–
ВВСН 13	94,2	94,5	94,1	93,6	93,8	94,1	94,1	1,1	–
ВВСН 29	95,3	95,6	95,1	95,2	95,4	95,2	95,3	2,3	1,2
ВВСН 37	96,0	96,1	95,9	95,8	95,6	96,0	95,9	2,9	1,8
<i>HIP</i> _{0,05}							0,4		

Однак вірогідним був і вплив внесених мікродобрив у позакореневому підживленні рослин. На контролі (без мікродобрив) лабораторна схожість насіння варіював від 92,6 до 93,0 %, а за внесення мікродобрив у фазу ВВСН 13 (три листки) вірогідно зростала

на 0,8–1,1 % ($HP_{0,05} = 0,4, 0,5$ %). Позакореневе підживлення в ВВСН 29–31 (кінець кушіння – перший вузол) сприяло зростанню даного показника на 2,2–2,3 %, а в ВВСН 32–37 (другий вузол – останній прапорцевий листок) – на 2,7–2,9 %. Суттєвої різниці між сортами й мікродобривами не встановлено.

2.4. Економічна ефективність вирощування базового насіння пшениці м'якої озимої за різних агротехнологічних заходів

В умовах ринкової економіки змінилася мета, завдання і мотивація природи виробництва, оскільки основою став пріоритет споживача і кон'юнктура ринку. Впровадження інновацій забезпечує високу конкурентоспроможність продукції та якість виробництва з одного боку, з іншого – за їх використання спостерігаємо зростання валових зборів сільськогосподарських культур. У таких умовах насінництво повинне виробляти конкурентоспроможну продукцію, яка на внутрішньому та зовнішньому ринках відповідала б купівельній спроможності споживача і була вигідною виробнику. Рівень собівартості насіння залежить від продуктивності сорту і технології вирощування культури, які визначають економічну оцінку й обґрунтовують впровадження запропонованих агрозаходів. Гострою проблемою сільськогосподарського виробництва сьогодні є високі ціни на матеріально-технічні ресурси, тому одержання високого прибутку є результатом ефективної фінансово-господарської діяльності, винагородою за ризики, найдешевшим джерелом фінансування потреб, джерелом зростання добробуту його власника та передумовою конкурентоспроможності підприємства чи фермерства.

Суттєві відмінності сортів пшениці озимої реагувати на ґрунтово-кліматичні умови зони Західного Лісостепу зумовлювали різну їх насіннєву продуктивність, що впливало на показники економічної ефективності виробництва базового насіння. Залежно від продуктивності сорту, за ціни базового насіння – 12,0 тис.грн/т, вартість реалізованого насіння становила 49,4–52,4 тис. грн (табл. 8). Сума затрат на вирощування складала 21,3 тис. грн/га, умовно чистий прибуток варіював від 28,1 тис. грн/т (сорт Грація білоцерківська) до 30,8 тис. грн/т (МІП Вишиванка). Собівартість 1 тони насіння була в межах 4,91–5,17 тис. грн/т. Рентабельність виробництва насіння усіх сортів була високою, однак найвищу (144,6 %) забезпечив сорт МІП Вишиванка, а найнижчу (131,9 %) – Грація білоцерківська.

Таблиця 8

**Економічна оцінка вирощування насіння пшениці озимої м'якої
залежно від сорту (2019–2021 рр.)**

Сорт	Урожайність насіння, т/га	Вартість реалізованого насіння, тис.грн.	Сума витрат на вирощування,	Умовно чистий прибуток, тис.грн/га	Собівартість 1 т продукції, тис.грн.	Рентабель- ність	
						%	± до конт- ролю
Трудівниця миронівська (контроль)	4,18	50,2	21,3	28,9	5,10	135,7	–
МІП Вишиванка	4,34	52,1	21,3	30,8	4,91	144,6	8,9
Грація білоцерківська	4,12	49,4	21,3	28,1	5,17	131,9	-3,8
Квітка полів	4,22	50,6	21,3	29,3	5,05	137,6	1,9
Водограй	4,17	50,0	21,3	28,7	5,11	134,7	-1,0
Співанка Поліська	4,21	50,5	21,3	29,2	5,06	137,1	1,4

Примітка. Вартість 1 т насіння пшениці озимої в цінах 2021 р. – 12,0 тис. грн.

Застосування мінеральних добрив у сільському господарстві повинне відповідати вимогам сучасного землеробства, забезпечуючи потреби сільськогосподарських культур у поживних речовинах для формування врожаю й розширене відтворення родючості ґрунтів. Сьогодні виробники зернової продукції віддають перевагу новим комплексним добривам, однак за високої їх ціни не завжди отримують очікувані результати. Дані табл. 9 вказують на високу економічну ефективність застосування мінеральних добрив при виробництві насіння пшениці озимої. Залежно від отриманої врожайності вартість реалізованого базового насіння зростала з 19,0 тис. грн/т на контролі (без добрив) до 59,4 тис. грн/т за норми внесення мінеральних добрив – N₂₂₀P₉₀K₁₆₀S₂₈. За таких варіантів сума витрат зростала з 10,2 до 22,7 тис.грн/га, а собівартість знижувалася з 6,5 до 4,6 тис. грн/т. Внесення мінеральних добрив забезпечувало вищий на 17,9–36,7 тис. грн/га умовно чистий прибуток і відповідно на 4,1–75,8 % рентабельність виробництва базового насіння.

Таблиця 9

Економічна оцінка вирощування насіння пшениці озимої м'якої залежно від норм внесення мінеральних добрив (2019–2021 рр.)

Норма мінеральних добрив, д.р./га	Урожайність насіння, т/га	Вартість реалізованого насіння, тис. грн.	Сума витрат на вирощування, тис. грн/га	Умовно чистий прибуток, тис.	Собівартість 1 т продукції, тис.грн.	Рентабельність	
						%	± до контролю
Контроль (без добрив)	1,58	19,0	10,2	8,8	6,5	86,3	–
N ₉₀ P ₅₀ K ₉₀ S ₁₉	3,14	37,7	19,8	17,9	6,3	90,4	4,1
N ₁₆₈ P ₇₀ K ₁₂₀ S ₂₁	4,12	49,4	21,3	28,1	5,2	131,9	45,6
N ₂₂₀ P ₉₀ K ₁₆₀ S ₂₈	4,95	59,4	22,7	36,7	4,6	161,7	75,8

Примітка. Вартість 1 т насіння пшениці озимої в цінах 2021 р. – 12,0 тис. грн.

Розрахунки показали, що відповідно до отриманої найвищої врожайності насіння (5,34 т/га) за внесення мікродобрива Оракул насіння в нормі 1,5 л/га в фазу 1 міжвузля (ВВСН 25–31) вартість реалізованого насіння еліти становила 64,1 тис. грн за понесених затрат на вирощування 23,3 тис. грн (табл. 10).

Умовно чистий прибуток порівняно з контролем (без застосування мікродобрив) був вищим на 4,7 тис.грн/га, а собівартість 1 т меншою на 0,29 тис. грн. Внесення мікродобрива оракул мультикомплекс у різні фази розвитку пшениці м'якої озимої забезпечувало вищу порівняно з контролем вищу на 3,2–18,2 % рентабельність виробництва насіння.

Позакореневе внесення мікродобрива яраВіта Грамітрел (1,5 л/га) у фазу ВВСН 13 (три листки) забезпечувало вищу порівняно з контролем (без мікродобрив) вартість реалізованого насіння на 1,7 тис. грн/га, у фазу ВВСН 25–31 (кінець кушіння – перший вузол) – на 4,8 тис. грн/га, а в ВВСН 32–37 (другий вузол – останній прапорцевий листок) на 2,8 тис. грн/га (табл. 11). За внесення в ВВСН 29–31 (кінець кушіння – перший вузол) собівартість тони еліти порівняно з контролем (без мікродобрива) була нижчою – на 0,29 тис. грн, а рівень рентабельності найвищим – 176,0 %.

Таблиця 10

Економічна оцінка вирощування насіння пшениці озимої м'якої залежно від застосування мікродобрива оракул мультикомплекс за фазами розвитку (2019–2021 рр.)

Фаза розвитку культури	Урожайність насіння, т/га	Вартість реалізованого насіння, тис.грн.	Сума витрат на вирощування, тис.грн/га	Умовно чистий прибуток, тис.грн/га	Собівартість 1 т продукції, тис.грн.	Рентабельність	
						%	± до контролю
Контроль (без мікродобрив)	4,95	59,4	23,0	36,1	4,65	156,9	-
ВВСН 13 (три листки)	5,05	60,6	23,3	37,3	4,61	160,1	3,2
ВВСН 29-31 (кінець кушіння – перший вузол)	5,34	64,1	23,3	40,8	4,36	175,1	18,2
ВВСН 32-37 (другий вузол – останній прапорцевий листок)	5,18	62,2	23,3	38,9	4,50	167,0	10,1

Примітка. У цінах 2021 р. вартість мікродобрива оракул мультикомплекс – 190,00 грн/л.

Таблиця 11

Економічна оцінка вирощування насіння пшениці озимої м'якої залежно від застосування мікродобрива яраВіта Грамітрел у різні фази розвитку (2019–2021 рр.)

Фаза розвитку культури	Урожайність насіння, т/га	Вартість реалізованого насіння, тис.грн.	Сума витрат на вирощування, тис.грн/га	Умовно чистий прибуток, тис.грн/га	Собівартість 1 т продукції, тис.грн.	Рентабельність	
						%	± до контролю
1	2	3	4	5	6	7	8
Контроль (без мікродобрив)	4,96	59,5	23,0	36,5	4,64	158,7	–

1	2	3	4	5	6	7	8
ВВСН 13 (три листки)	5,10	61,2	23,3	37,9	4,57	162,7	4,0
ВВСН 29-31 (кінець кушіння – перший вузол)	5,36	64,3	23,3	41,0	4,35	176,0	17,3
ВВСН 32-37 (другий вузол – останній прапорцевий листок)	5,25	63,0	23,3	39,7	4,44	170,4	11,7

Примітка. У цінах 2021 р. вартість мікродобрива яраВіта Грамітрел – 218,00 грн/л.

Розрахунки середнього показника рентабельності по обидвох мікродобривах підтвердили, що на контролі (без внесення мікродобрив) він був найнижчим – 158,7 % і зростав на 6,6–17,8 % за внесення в різні фази (табл. 12). Ефективність мікродобрива яраВіта Грамітрел порівняно оракул мультикомплекс була дещо вищою на 0,9–3,4 %.

Таблиця 12

Порівняльна ефективність мікродобрив за рентабельністю виробництва базового насіння пшениці м'якої озимої (2019–2021 р.)

Фаза розвитку культури	Мікродобриво				Середнє		Різниця за мікродобрив
	оракул мультикомплекс (контроль)		яраВіта Грамітрел		%	+ до контролю	
Контроль (без мікродобрив)	156,9	–	158,7	–	157,8	–	1,8
ВВСН 13 (три листки)	160,1	3,2	162,7	4,0	164,4	6,6	2,6
ВВСН 29-31 (кінець кушіння-перший вузол)	175,1	18,2	176,0	17,3	175,6	17,8	0,9
ВВСН 32-37 (другий вузол – останній прапорцевий листок)	167,0	10,1	170,4	11,7	168,7	10,9	3,4

Висновки

На основі біологічних вимог сорту та прояву абіотичних факторів в ґрунтово-кліматичних умовах зони Західного Лісостепу обґрунтовано адаптивні ознаки нових сортів пшениці м'якої озимої й визначено незначну фенотипову мінливість генотипів лісостепоного екотипу та їх пріоритетність для впровадження в сільськогосподарське виробництво регіону.

1. Ріпак озимий порівняно з вівсом є кращим попередником, оскільки забезпечує оптимальні строки сівби пшениці озимої, що позитивно впливає на ріст і розвиток рослин, підвищує вихід кондиційного насіння – на 2–7 %, урожайність насіння – на 0,37–0,39 т/га, коефіцієнт розмноження – на 1,4 одиниці. За даного попередника показники посівних якостей насіння були вищими, зокрема маса 1000 насінин на 0,9–1,8 г. На енергію проростання й лабораторну схожість насіння суттєвого впливу попередники не мали, різниця становила 0,6–1,3 й 0,2–0,9 %. Ці показники на 62–68 % залежали від погодних умов періоду формування – дозрівання насіння та на 14–16 % від сортових особливостей.

2. Строки сівби впливали на тривалість осінньої вегетації рослин, їх ріст й розвиток, накопичення цукрів у вузлах кущіння, зимостійкість та стійкість до хвороб. Залежно від строків сівби сорти вихід кондиційного насіння становив 70–74 % за оптимального та знижувався до 56–66 % за допустимого і до 49–60 % – за пізнього, або відповідно на 8–15 і 14–21 %. Середня урожайність насіння всіх сортів варіювала в межах 4,28 т/га за оптимального, 3,93 т/га – за допустимого і 3,56 т/га – за пізнього строку сівби. Порівняно з оптимальним строком сівби зниження урожайності сягало 0,35 т/га за допустимого і 0,72 т/га – за пізнього, а коефіцієнту розмноження з 16,0–18,0 одиниць (оптимальний) до 14,3–16,7 одиниці (допустимий) та 12,8–15,4 одиниці (пізній). За оптимального строку сівби вихід великої фракції насіння (2,5–2,8 мм) був найвищим і коливався від 48,8 % до 56,8 %, середньої (2,2–2,5 мм) – від 15 до 17,5 %, а дрібної (2,0–2,2 мм) від 1,8 до 3,7 %. За допустимого і пізнього строків сівби спостерігали зниження великої фракції насіння й підвищення середньої та дрібної. За оптимального строку сівби середня маса 1000 насінин у сортів формувалася в межах 42,8–46,9 г, за допустимого вона була меншою на 0,3–1,3 г, а за пізнього – на 1,2–2,4 г. Суттєвого впливу на енергію проростання й лабораторну схожість насіння вона не мала. Більший

вплив мали погодні умови періоду дозрівання та збирання пшениці озимої.

3. На сірих лісових поверхнево оглєсних ґрунтах досліджуваної ґрунтово-кліматичної зони, під впливом збалансованого живлення рослин в нормі $N_{220}P_{90}K_{160}S_{28}$ з поетапним внесенням азоту у фази: ВВСН 13, ВВСН 25–31, ВВСН 31–37 та позакореневим застосуванням мікродобрів: оракул мультикомплекс (1,0 л/га), яра ВітаГрамїтрел (1,0 л/га) у фазу ВВСН 32–37 прирости врожайності складали 0,39–0,40 т/га, насіння характеризували високими посівними якостями, зокрема: маса 1000 насінин – 43,5–45,9 г, енергія проростання – 85,6–88,9 %, лабораторна схожість – 93,4–95,9 %.

4. Рентабельність виробництва насіння пшениці озимої була найвищою за попередника ріпаку озимого (64 %), оптимального й допустимого строків сівби (81–91 %) та застосування регуляторів росту Вимпел-К (500 г/т) і Вимпел (500 г/га) у передпосівній обробці насіння та позакореновому підживленні рослин (62,1 %). Вирощування високо продуктивних екологічно-пластичних сортів лісостепового екотипу – Співанка Поліська, Квітка полів, МП Вишиванка забезпечило рівень рентабельності виробництва базового насіння на 137,1 %, 137,6 і 144,6 %. Найвищу рентабельність (161,7 %) забезпечила норма мінеральних добрив $N_{220}P_{90}K_{160}S_{28}$ з поетапним внесенням азоту за етапами органогенезу. На фоні мінерального живлення рослин позакореневе внесення в фазу ВВСН 29–31 (кінець кушіння - перший вузол) мікродобрів (оракул мультикомплекс і яраВіта Грамїтрел по 1,0 л/га кожного) було найбільш економічно ефективним за обох форм, забезпечуючи вищий на 12,2 % рівень рентабельності порівняно з фазою ВВСН 13 (три листки) і на 6,9 % у ВВСН 32–37 (другий вузол – останній прапорцевий листок).

ЧАСТИНА 3

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО АГРОЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ

Вступ

Розвиток продуктивних сил і трансформація природного довкілля настільки тісно поєднані сьогодні, що незважений однобічний ухил задля швидкого результату призводить до руйнування середовища життя людини або виснаження економіки соціуму. Аграрне виробництво постало у сучасному вигляді здебільшого завдяки експлуатації природних властивостей ґрунтів і чинить надмірний трансформаційний тиск на природу ¹¹⁸. Проте, без сучасних хімічних засобів і розумного керування ґрунтовими ресурсами сьогодні неможливо забезпечити людство продовольством. В Україні гострої проблеми як забезпеченням зерном, так з іншою агропродукцією, немає. Проте, виснаження ґрунтів України іде пришвидшеними темпами ¹¹⁹, а забруднення довкілля зростає як локалізовано, так і в глобальному контексті ¹²⁰.

У науковій, навчальній, науково-популярній літературі такі поняття, як «система», «системний підхід», «системний аналіз», «системна проблема», «системна криза» трапляються дедалі частіше і фахівець часто замислюється над їхнім конкретним змістовим наповненням. Вони стали такими ж часто вживаними, як і терміни «екологія», «екологічний підхід», «екологічна криза», «екологізація». Спроби застосувати системним методом без належної наукової чи практичної підготовки приречені на невдачу через неоднозначність і неточність цих і багатьох інших понять системології – науки про системи. На жаль треба зауважити, що популізму і профанації у сфері захисту природного й людського довкілля, на жаль, не поменшало.

Поняття системи у нашу добу не обмежене теоретичною сферою,

¹¹⁸ Дегодюк Е. Г., Дегодюк С. Е., Гуральчук С. З. Трансформація біосферних функцій педосфери у процесах кругообігу біогенних елементів в антропогенно порушених фітоценозах. *Живлення рослин: теорія і практика*. Київ : Логос, 2005. С. 14–43.

¹¹⁹ Threat of desertification of agricultural land in Ukraine through a negative balance of nutritional elements in growing of field cultures / V. Lykhochvor et al. *Journal of Elementology*, 2022. 27 (3) : 695–707. DOI: 10.5601/jelem.2022.27.2.2290.

¹²⁰ A review of the recent scientific literature documenting the impact of 4R management on N₂O emissions relevant to a Canadian context. Prepared for Fertilizer Canada. Prepared by: David Burton. March, 2018. URL: <https://fertilizercanada.ca/wp-content/uploads/2018/08/NERP-Science-Review-Paper-.pdf>

а стає наріжним каменем у фундаменті різних прикладних наук.

Сьогодні ж системні дослідження, системний аналіз, системотехніка та споріднені категорії стали робочими засобами багатьох галузей.

Поняття системи та системності має три аспекти:

- об'єктивно Всесвіт є системою, системність є діалектичною властивістю всього об'єктивного, що існувало, існує й існуватиме у світі безвідносно до свідомості;
- системою є сукупність надбаних людьми, упорядкованих за галузями наук, знань та уявлень про Всесвіт як про систему, тобто така системність є гносеологічним явищем;
- людство на певному етапі свого розвитку та знань створює різні системи, або перетворює природні, як інструменти цивілізаційного розвитку.

Системний підхід, як прогресивний спосіб інтелектуальної діяльності, забезпечив значне поглиблення природничих знань і нові відкриття в науці, винаходи в техніці й досягнення у виробництві. Глобальні й локальні системні екологічні та соціальні проблеми зумовлюють постійну увагу до нього з боку науковців і управлінців, фахівців аграрної сфери та охорони природи й довкілля ¹²¹. Без володіння системним методом неможливі розв'язання комплексних соціолого-еколого-економічних проблем на різних рівнях, зокрема оптимального керування агросистемами, впровадження інновацій.

Системний аналіз – це сукупність методів і засобів, які використовують для дослідження, моделювання та конструювання простих, складних і надскладних об'єктів ¹²². В агровиробництві – це насамперед обґрунтування рішень у процесі використання ґрунтів, природних кліматичних ресурсів, безпечних для довкілля засобів і технологій, перетворення або й створення продукційних агроекосистем та керування ними за допомогою інноваційних заходів, технічних і біологічних засобів ¹²³. Теоретичну та методологічну базу системного аналізу в агросфері становлять системний підхід і загальна теорія систем.

¹²¹ Вовк В. М., Дрогомирецька З. Б. Основи системного аналізу. Львів : Львівський нац. ун-т ім. І. Франка, 2002. 248 с.

¹²² Гнатів П. С. Хірівський П. Р. Теорія систем і системний аналіз в екології. Львів : В-во Камула, 2010. 204 с.

¹²³ Influence of climate dynamics and liming on physicochemical soil properties and crop- rotation productivity of North-Western Polissya in Ukraine / V. Polovyy et al. *Soil Science Annual*. 2022. Vol. 73 (1). 146856. doi.org/10.37501/soilsa/146856.

З огляду на це, пропонуємо нове дослідження й апробацію системних методів у сфері аграрних технологій польових культур.

Основна мета праці – обґрунтування сучасного бачення методології аналізу агроєкосистем та удосконалення прикладних методів системного аналізу продукційних функції та стабільності агроценозів з урахуванням принципів захисту довкілля.

Наша робота спрямована на розширення методичного інструментарію спеціаліста агросектору в розумінні системності об'єктів його керування та інноваційного удосконалення, на впровадження у практику простого алгоритму й зрозумілих методів системного аналізу агробіогеоценозів, як фундаментальних елементарних продукційних агроєкосистем.

Одне з основних завдань агросектору України – підтримання продовольчої безпеки держав, запитів експортерів, і водночас збереження родючості ґрунтів¹²⁴ та охорони природного середовища¹²⁵. Коли динамічно змінюється мезоклімат аграрних природних зон України¹²⁶, потрібна оперативна адаптація агротехнологій. Розв'язання комплексу проблем значною мірою залежить від вибору правильної системи удобрення польових культур¹²⁷ та врахування потреби захисту довкілля¹²⁸.

Попри актуальність високих урожаїв зерна залишаються проблемними великі норми азотного удобрення озимих зернових, зокрема, на тлі низьких фосфорно-калійних фонів¹²⁹. Підвищені дози внесення азоту створюють небезпеку вимивання або змивання нітратів вертикальними й латеральними потоками води, активізують емісію

¹²⁴ The role of nutrients in the formation of yield and grain quality of winter wheat (Роль елементів живлення у формуванні врожайності та якості зерна пшениці озимої) / V. Lykhochvor et al. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2022. Vol. 28. No 1. 103–109. <https://www.agrojournal.org/28/01-14.pdf>.

¹²⁵ The influence of climate changes on crop yields in Western Ukraine / V. Polovyy et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11(1). P. 384–390, doi: 10.15421/2021_56.

¹²⁶ 2022. Changes in agrochemical soils indices of West of Ukraine under the impact of approval and aridization of the climate (Зміни агрохімічних показників ґрунтів Заходу України під впливом аризмації та аридизації клімату) / V. Polovyy et al. *Soil Science Annual*. 2022. Vol. 73 (1). P. 146855. doi.org/10.37501/soilsa/146855.

¹²⁷ Господаренко Г. М. Удобрення сільськогосподарських культур. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА». 2016. 276 с.

¹²⁸ Впровадження Нітратної директиви в Україні. Новини. 17 липня 2020. URL: https://menr.gov.ua/news/35591.html?fbclid=IwAR1WcstOugFHeoyIRfk9o_Vi4z4weytSrjdqFs_wMIJ1Tpbo8cbvG_YMzkt0.

¹²⁹ Господаренко Г. М. Удобрення сільськогосподарських культур. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2016. 276 с.

закису азоту, як парникового газу. Ретарданти іноді не справляються з підтриманням стеблостою на посівах і вони часто місцями вилягають у період формування врожаю.

Впровадження у виробництво сортів інтенсивного типу, питання оптимізації їх мінерального і, зокрема, азотного удобрення з дотриманням сучасних принципів захисту природного довкілля в умовах змін клімату, зумовлюють необхідність розв'язувати актуальну проблему економічної ефективності виробництва системно, в поєднанні з елементами точного рільництва на Західні України.

Теорія систем і системний аналіз розвивалися поступово. Системний підхід потрібно розглядати як методологічний засіб для сприйняття дійсності, котрий має певну змістовну спільність логічних принципів. В аграрному секторі, який останніми роками в Україні розвивається швидкими темпами, системний підхід практикують локально, хаотично і не немає єдиного бачення важливості цієї універсальної методології. Це, по суті – системна парадигма, системний світогляд¹³⁰. Призначення системного підходу в тому, що він спрямовує агровиробника на системне бачення завдань, способів і результатів індивідуальної чи колективної діяльності. Він спонукає розглядати світ із позицій його системного устрою. Системний підхід, будучи принципом пізнання, виконує не вузьку виробничу націленість, а загалом орієнтаційну і світоглядну функції, забезпечує не тільки бачення світу, але й орієнтування в ньому.

Системний підхід полягає в тому, що будь-який малий чи великий, складний чи простий об'єкт потрібно розглядати як відносно самостійну, цілеспрямовану систему зі своїми особливостями функціонування та еволюції.

Грунтуючись на ідеях цілісності та відносної незалежності об'єктів, що перебувають у цілісному світі, принцип системності передбачає розгляд досліджуваного об'єкта – агроценозу, як певної системи, котру описують за: 1) елементним (компонентним) складом; 2) структурою як формою взаємозв'язку елементів; 3) функціями елементів і цілої агросистеми; 4) єдністю внутрішнього і зовнішнього середовища агроценозу; 5) законами розвитку системи та її складників.

Наведемо приклади розуміння системи класиками системології: «Система – це набір елементів, котрі взаємодіють» – Л. фон Берталанфі

¹³⁰ Згуровський М. З., Панкратова Н. Д. Основи системного аналізу. Київ : Вид. група ВНУ, 2007. 544 с.

¹³¹; «Система – це відносно відособлена частина, фрагмент світу, Всесвіту, що має особливу якість (емерджентність), відносну самодостатність (термодинамічну ізольованість)» – П. Еткінс (1987); «Система – це комплекс вибірково залучених елементів, які взаємно сприяють досягненню певного корисного результату, що визнаний основним системотвірним чинником», – П. Анохін (1978).

Сукупність зв'язків і відношень системи зі своїм довкіллям називають зовнішньою структурою, а внутрішні системотвірні зв'язки й відношення утворюють внутрішню структуру або просто структуру системи. Системі властива ієрархічна будова, яка пов'язана з потенційною подільністю її елементів. Водночас кожна система у певних ситуаціях може бути розглянута як елемент у системі вищого рівня ієрархії.

У цьому разі система виступає як складне ієрархічне утворення, в якому виділяють різні рівні, різні типи взаємодій між рівнями тощо. Наслідком ієрархічної будови системи є можливість послідовного охоплення систем нижчого рівня системами вищого рівня.

Режим функціонування (поведінка) системи підпорядкований певним, властивим їй законам. Сукупність цих законів об'єднана поняттям функції системи, що визначає тимчасову динаміку системи. У кожен певний момент часу система перебуває в якомусь стані, що є сукупністю значень операційно вимірюваних ознак, властивостей (атрибутів) системи чи її елементів. Особливу групу становлять системи, що здатні розвиватися. З-поміж них виокремлені системи, що здатні самоорганізовуватися та саморозвиватися.

Найширше коло дослідників задовольняють означення системи через поняття «елементи», «властивості», «відношення», «зв'язки», «цілісність». Отже, підсумуємо, що система – це цілісна множина природно або штучно взаємопов'язаних елементів, яка у взаємодії з навколишнім середовищем поводить себе як особлива (емерджентна) єдність, є елементом у системі вищого порядку, а елементи самої системи своєю чергою є системами нижчого рівня ¹³².

Постулат Арістотеля: «Важливість цілого вище важливості його складників», поступово був витіснений актуальнішим постулатом

¹³¹ Von Bertalanffy L. General System Theory – A Critical Review. „General Systems“. Vol. VII. 1962. Р. 1–20. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://macroevolution.narod.ru/bertalanfi.htm>.

¹³² Гнатів П. С. Хірівський П. Р. Теорія систем і системний аналіз в екології. Львів : В-во Камула, 2010. 204 с.

Галілея: «Ціле пояснюється властивостями його складників».

Новітнім поштовхом до розвитку системного мислення і системного підходу став вихід 1972 р. книги «The Limits to Growth» за авторства Д. Медоуз та ін., яка описувала глибину «кризи росту» чисельності населення та економіки на планеті й прогнозувала катастрофічні наслідки бездумного природокористування. Після смерті Д. Медоуз 2001 року була видана спеціальна «Абетка системного мислення»¹³³, яку авторка готувала навмисне для навчання системного мислення її численних опонентів і критиків.

Теперішній рівень суспільного розвитку знаменує новітню епоху визнання єдності та взаємозумовленості всіх еволюційних процесів у матеріальному світі (фізичних, хімічних, біотичних, соціальних). Перший геніальний крок до цього пізнання зробив В. Вернадський. Учений виявив системність взаємозв'язків різних еволюційних процесів у масштабах всієї планети, їхню залежність від процесів у Всесвіті¹³⁴.

Головним практичним висновком є постулат українського пророка про те, що на певному етапі розвитку цивілізації вірогідний такий рівень активності людства, коли його потреби в ресурсах перевищать можливості Землі. Вирішення цієї суперечності, на думку В. Вернадського, реальне лише за умови, що всесвітнє людство усвідомить необхідність взяти на себе повну відповідальність за подальшу еволюційну перспективу планети. В іншому разі цивілізація Землі не матиме майбутнього.

Отже, на останньому рівні бачимо, що потреба у системному осмисленні шляхів розвитку цивілізації й еволюції планети Земля, у реальній оцінці системної ролі «людини розумної» в біосфері, у формулюванні системних проблем глобального масштабу – це життєво важлива історична необхідність.

Л. фон Берталанфі у своєму критичному огляді загальної теорії систем¹³⁵ одну із п'яти причин її виникнення формулює так: «... існує наполеглива потреба в поширенні засобів науки на ті сфери, які виходять за рамки класичної фізики і мають специфічні риси

¹³³ Meadows, D. H. Thinking in Systems. 2008. <https://research.fit.edu/media/site-specific/researchfit.edu/coast-climate-adaptation-library/climate-communications/psychology-and-behavior/Meadows-2008.-Thinking-in-Systems.pdf>

¹³⁴ Голубець М. А. Екосистемологія. Львів : Поллі, 2000. 316 с.

¹³⁵ Von Bertalanffy L. General System Theory – A Critical Review. “General Systems”. Vol. VII. 1962. P. 1–20. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://macroevolution.narod.ru/bertalanfi.htm>.

біологічних, психологічних і соціальних явищ. Мають бути побудовані нові поняттєві моделі. ... (оскільки – П. Г.) фізика – це лише одна модель, що має справу із певними аспектами реальності. ... Вона явно не охоплює всіх аспектів світу і ... специфічні проблеми в біології. Вірогідно, необхідне введення інших моделей, які відображають явища, що є поза компетенцією фізики». Тому з цих міркувань безсумнівним є вагоме теоретичне і практичне значення системології, що ґрунтується на загальній теорії системи, для різних (наукових, виробничих, суспільних, духовних) сфер людської діяльності.

Речовина є осяжною органолептичною і приладами матеріальна субстанція усіх систем у Всесвіті. Речовина й енергія є взаємозалежними формами існування матерії. Речовина завжди втілюється у які-небудь об'єкти. На планеті Земля, та й у Всесвіті, більш-менш стійка речовина – це сукупність хімічних елементів. Кожен стан речовини може переходити в інший (фізичні, хімічні, біотичні структурні перетворення) шляхом перегрупування елементів шляхом зміни зв'язків між ними. Речовина й енергія взаємоперетворюються під дією зовнішніх сил за закономірністю, розрахованою А. Айнштайном.

Енергія (гр. *ενεργός* – дія) – загальна кількісна міра руху і взаємодії всіх видів матерії. Поняття енергії дає змогу розуміти всі явища, які спостерігаємо у природі. Її сукупна міра у Всесвіті – $E = mc^2$. З позицій системності енергією є міра (або кількість) взаємодії між елементами в середині системи чи між системами, яку потрібно реалізувати при створенні зв'язку. Будь-яка дія, включаючи взаємодію, потребує енергії. За руйнування системи зв'язки між її елементами зникають із виділенням (розсіюванням, утратою) енергії. Усі матеріальні тіла, явища, процеси реалізуються у просторі упродовж неперервного плину часу. Простір і час є базисними властивостями матерії, які можна практично застосувати для визначення відмінностей у разі спостереження за будь-якою дією чи елементом.

Простір визначає порядок взаєморозташування компонентів довкілля.

Час – це послідовність існування тіл і явищ, які змінюють одне одного (темпоральні зміни), суб'єктивно з'ясована завдяки свідомості доступними людині приладами чи окомірно.

Для живих систем час має напрям. У неживій, поза межами свідомості, природі часу не існує. Час немає фізичного сенсу поза свідомістю, оскільки немає ні початку, ні кінця, і немає розмірності.

Це лише відносна шкала, придумана людиною – нумерологічний порядок фізичних змін. Для людини час – це інтелектуальний засіб упорядковування результатів фізичного вимірювання осяжних людською свідомістю процесів і явищ за допомогою рукотворних приладів і фіксування послідовності подій.

Методологічні питання екології, інвайроментології та суспільства. Живі системи (особини) або їх угруповання (біоценози) після свого народження втягуються у складний ланцюг взаємодій з усім, що оточує їх. Біота планети утворює практично суцільну «плівку життя» на Землі (за В. Вернадським) ¹³⁶. Своїм життям організми та їх популяції впливають на своє довкілля, змінюючи його. До зародження цивілізації й людина біотична була гармонійною часткою природи, проте тепер усе змінилося.

Загальна екологія вивчає всі взаємодії компонентів природи в їхній сукупності. Екологія – це наука, що вивчає взаємовідношення живих організмів і їх сукупностей між собою і з навколишнім біотичним та абіотичним середовищем, структурно-функціональні властивості екосистем – від найменших консорцій до біогеосфери включно, історію формування, еволюцію, природну й антропогенну динаміку цих систем, їхні корисні функції для людини та можливості їх розумного використання ¹³⁷.

Іншими словами, вона вивчає як організми, популяції та складніші біоценози, використовуючи органічні, мінеральні й енергетичні компоненти свого довкілля, продукують нову органічну речовину, як ця речовина розподіляється між іншими організмами у певній екосистемі, та яким чином ця продукувана субстанція врешті-решт знову розпадається на елементарні мінеральні компоненти.

Водночас важливо пізнати, якими механізмами створюється і підтримується дивовижна стабільність природних комплексів?, що саме забезпечує збереження та зміну їх просторово-часової структури?, як складаються у них харчові ланцюги та колообіг поживних речовин (біогеохімічні цикли)?, якими чинниками визначається їхній поступ та еволюція? Отже, загальна екологія вивчає

¹³⁶ Голубець М. А., Гнатів П. С. Фундаментально про екологію, середовищезнавство, охорону природи, охорону довкілля та геосоціосистемологію. *Екологія та ноосферологія*. 2007. Том. 18. № 1-2. С.7–15.

¹³⁷ Голубець М. А., Гнатів П. С. Фундаментально про екологію, середовищезнавство, охорону природи, охорону довкілля та геосоціосистемологію. *Екологія та ноосферологія*. 2007. Том. 18. № 1-2. С.7–15.

надорганізмовий і надпопуляційний рівні функціонування біотичних систем і сукупність або структуру зв'язків між організмами, популяціями та їх середовищем. Тому її невід'ємним та універсальним методом стає системний аналіз.

На початку ХХІ ст. в Україні вся сукупність знань про структурну й функціональну організацію живих систем, про взаємовідношення між людиною, людським суспільством і біосферою та природою загалом, про проблеми її охорони тяжіє до двох блоків: перший – власне екологічний; другий – соціоекологічний. До першого належить загальна екологія, прикладні екології, охорона природи й навколишнього природного середовища (заповідна справа). Другий блок охоплює соціоекологію – галузі знань про структуру й роботу створених людьми соціальних земних систем.

У системі прикладних розділів виокремлені: екологія лісових систем, екологія аграрних систем (агроекологія), екологія водних систем (акваекологія) тощо. Наука про взаємовідношення людських соціумів та екосистем у західних країнах називається інвайронментологія або середовищезнавство¹³⁸. Зрозуміло, що біотичні угруповання чи конкретні екосистеми (лісові, лучні, водні) можуть бути об'єктами фундаментальних екологічних досліджень, тому межі між загальною екологією та її прикладними розділами є умовними. Критерієм для такого розмежування є різнорівнева цілеспрямованість і остаточна мета системного дослідження: пізнання загальних екологічних закономірностей чи конкретних особливостей, важливих для певної галузі виробництва.

Новітньою ознакою нашого часу є те, що перед сучасною «людиною розумною» постало завдання: постійно стежити за станом середовища, у якому існують природні, штучні екосистеми та саме людство; контролювати стан і динаміку довкілля; пізнавати закономірності його змін під впливом різних антропогенних і природних чинників; вивчати способи збереження його у сприятливих для суспільства параметрах, захищати від руйнівних процесів.

Особливо стали актуальними такі прикладні галузі науки, як середовищезнавство та споріднена з нею захист довкілля (сукупність наукових і практичних методів, способів та заходів захисту середовища існування людей, розвитку людських цивілізацій).

¹³⁸ Голубець М. А., Гнатів П. С. Фундаментально про екологію, середовище-знавство, охорону природи, охорону довкілля та геосоціосистемологію. *Екологія та ноосферологія*. 2007. Том. 18. № 1–2. С. 7–15.

Інвайронментологія (середовищезнавство) – прикладна галузь знань про навколишнє еко-соціо-економічне середовище розумової та виробничої діяльності людини й людських спільнот, про невиснажливе використання природних, соціальних та економічних ресурсів і збереження цього середовища сприятливим для теперішніх і майбутніх поколінь в умовах переходу до сталого розвитку ¹³⁹.

Важливо, щоби з урахуванням потреби нового рівня системного мислення, сучасні аграрні фахівці у своїй виробничій діяльності звертали увагу на потребу, власне, системного підходу не лише до комплексного вивчення структурно-функціональних особливостей еко- та соціальних систем і закономірностей розвитку процесів, але й до відповідного обґрунтування рішень на всіх рівнях не за тривіальною схемою вузькогалузевої діяльності, а відповідно до сучасного бачення системного функціонування соціосфери та підпорядкованих їй еко- і соціосистем. Для відображення системи та здійснення системного аналізу потрібно володіти спеціальним поняттєвим комплексом – сукупністю категорій і дефініцій, які повинні мати однозначне трактування та предметне застосування.

Неживі й живі системи. Класифікація в системології – це універсальний науково-методологічний засіб для створення системи підпорядкованих понять (об'єктів, явищ тощо) за ознаками їхніх стійких властивостей з метою пізнання взаємозв'язків між ними і середовищем або умовами їхнього існування.

З розвитком різних наук і практики нагальною стала потреба розроблення сутнісної класифікації систем. Найважливіше призначення класифікації – опис властивостей її класифікаційних рангів, який дає змогу використовувати її для ідентифікації та субординації конкретних систем, із котрими мають справу дослідники чи управлінці в тих або інших сферах діяльності. Класифікацію систем виконують, як правило, за ієрархічним принципом. Він означає, що існує кілька рівнів класифікації й найвищий із них охоплює другий рівень, а той своєю чергою – третій, наступний і т. д. Наприклад, на першому рівні усі системи можна об'єднати у два класи: 1) матеріальні; 2) ідеальні (абстрактні). На другому доцільно окреслити вже три рівні систем: 1) штучні; 2) природні; 3) змішані, а далі групувати у нижчі за рангом таксони за вибраними сутнісними

¹³⁹ Гнатів П. С. Природне й антропогенне середовища: їхня суть і значення, методологія наукового пізнання. *Зб. наук. праць IV Міжнар. наук. конф. „Фальцфейнівські читання“*. 24–26 травня 2007 р. Херсон : ПП Вишемирський, 2007. С. 68–71.

ознаками, властивостями тощо.

Ключовою функціональною властивістю матеріальних систем, яка вказує на рівень їхнього розвитку й перспективу, є спосіб відтворення (виникнення) або самовідтворення. За ним вони поділені на два види – живі й неживі системи.

Відмінності живих і неживих систем, на перший погляд, очевидні. Проте коли наближаємося до суміжних станів, то виявляємо, що не все так однозначно. Наприклад, досі залишається проблемою визначення суті функції життя на межі перехідних станів систем «макромолекула-органод-вірус». Рівно така ж проблема спричиняє дискусію вчених про межі живого на переході систем «популяція-угруповання-екосистема». Обґрунтовуючи концепцію генопласту, вчені доводять, що екосистеми надпопуляційного рівня є живими системами ¹⁴⁰, а беручи до уваги вірогідну незнищенність генопласту, можна стверджувати й про безсмертя саме надпопуляційних природних екосистем.

Ознаки живих (біотичних) систем, це ¹⁴¹:

- складність системи, яка в сутності своїй є надсистемою живих і неживих систем;
- поєднання у собі вищих і нижчих форм руху матерії;
- багаторівневність і багатшаровість (ієрархічність) структури й функціональної будови;
- здатність системи саморозвиватися задля виживання та поліпшення життєдайних властивостей;
- властивість регенерувати втрачені органи або дегенерувати їх в ході еволюції;
- наявність механізмів відтворення самих себе сприяють самовдосконаленню форм і функцій у наступних поколіннях;
- наявність добре вираженої еволюції, яка є саморозвитком, самоорганізацією, самоврядністю, зміною структур, розширенням основ життєдіяльності;
- наявність керівних і саморегуляційних підсистем, які контролюють вигідну поведінку і розвиток цих систем;
- наявність і постійний розвиток механізмів взаємодії з мінливим довкіллям;
- вибір системою найкращих ситуацій, траєкторій поведінки.

¹⁴⁰ Голубець М. А. Екосистемологія. Львів : Поллі, 2000. 316 с.

¹⁴¹ Околітенко Н. І., Гродзинський Д. М. Основи системної біології. Київ : Либідь, 2005. 360 с.

Велика і складна активність органічних систем зумовлена не лише необхідністю задоволення їхніх внутрішніх потреб, але й прагненням відтворення. Створені людиною агроєкосистеми: польова картопляного поля, сінокісна лука або плодовий сад можуть існувати різний час, але їх самовідтворення неможливі.

Некеровані, напівкеровані та керовані (штучні) системи. Системи бувають трьох видів: некеровані (природні), керовані (штучні), напівкеровані (природно-штучні). До некерованих природних систем, починаючи з біосфери (до виникнення людського суспільства від його первісних форм), належали всі її нативні складники. Антропогенний фактор спричинив появу напівкерованих, а згодом керованих (штучних) систем. До напівкерованих систем належать всі змінені найменшою господарською діяльністю екосистеми суходолу й гідросфери Землі. Природні системи ніким і нічим, окрім внутрішніх механізмів, не керовані, функціонують незалежно від волі людини й інших зовнішніх втручань. Такі системи за поведінкою класифікують як активні (вагомішу роль у їхньому функціонуванні відіграють внутрішні закони й властивості підсистем, певна мета системи, а дії середовища другорядні). Особливу групу утворюють системи, що розвиваються. З-поміж них виділяють системи, що самоорганізуються та саморозвиваються.

Напівкеровані системи залежать від зовнішньої дії та від втручання людини лише частково й не зникають і не виникають із суто внутрішніх причин. Прикладом може бути гідроекосистема штучного ставка, створеного лише встановленням греблі на потічку чи невеликій річці, лука, яку використовують для випасання худоби й лише інтенсивність випасання (з усіма супутніми впливами) є єдиним керівним чинником. Напівкеровані екосистеми – це переважно ліси.

Керовані (штучні) системи підпорядковані винятково зовнішньому середовищу, з-поміж іншого і людській діяльності, народжуються, функціонують і зникають лише з причин зовнішніх. Численні керовані штучні системи оточують нас повсюдно. За поведінкою такі системи визначені як реактивні. Штучні екосистеми, до яких належать польові агроєкосистем усіх рівнів, потребують різного обсягу зовнішніх «дотацій» ресурсів та енергії, а також мають неоднакові рівні освоєних потенціалів на їх створення. Це важливо для оцінювання економічної перспективи їх подальшого використання або обсягів необхідної енергії та ресурсів для успішного й ефективного керування ними.

Матеріали та методи дослідження. За методологію системного підходу загальної теорії систем¹⁴² нами застосований системний аналіз¹⁴³ у широкому розумінні, як методологія з'ясування таких атрибутів і відносин в об'єктах, які важко спостерігати й не вдається зрозуміти за сприйняття цих об'єктів як цілісних систем, а також вивчення властивостей систем і взаємин як відношень між цілями й засобами їх реалізації. Поняття «системний підхід» і «системний аналіз» розрізняємо наступним чином¹⁴⁴: якщо системний підхід – це принцип пізнання, то системний аналіз є процесом, певним застосуванням принципу системності, як методологічного комплексу дії. Системний аналіз виконали не лише стосовно функціонування і розвитку тих, або інших систем, але й щодо сукупності фактів, подій, змін, що з ними пов'язані. Для цього використали прикладні засоби системного пізнання – системотехніку¹⁴⁵: засоби математичного і графічного моделювання із застосуванням комп'ютерної техніки¹⁴⁶.

Для досліджень застосовано поняттєвий апарат системології. Основним науковим методом системології є аналіз і його види. Аналіз як загальне поняття – це дослідницька діяльність за допомогою уявного розчленування будь-якої системи на складники. Аналіз системний охоплює сукупність методів, способів та алгоритмів застосування системного підходу в аналітичній діяльності. Аналіз системний дослідницький¹⁴⁷ будується, як дослідження для використання результатів у науці. Аналіз системний прикладний¹⁴⁸ є специфічним різновидом практичної діяльності для використання результатів із практичною метою. Останні два види системного аналізу

¹⁴² Von Bertalanffy L. General System Theory – A Critical Review. “General Systems”, Vol. VII. 1962. Р. 1–20. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://macroevolution.narod.ru/bertalanfi>.

¹⁴³ Meadows, D. H. Thinking in Systems. 2008. <https://research.fit.edu/media/site-specific/researchfit.edu/coast-climate-adaptation-library/climate-communications/psychology-and-behavior/Meadows-2008.-Thinking-in-Systems.pdf>.

¹⁴⁴ Згуровський М. З., Панкратова Н. Д. Основи системного аналізу. Київ : Вид. група ВНУ, 2007. 544 с.

¹⁴⁵ Вовк В. М., Дрогомирецька З. Б. Основи системного аналізу. Львів. Львівський нац. ун-т ім. І. Франка, 2002. 248 с.

¹⁴⁶ Гнатів П. С. Хірівський П. Р. Теорія систем і системний аналіз в екології. Львів : В-во Камула, 2010. 204 с.

¹⁴⁷ Vogel H.-J., Bartke S., Daedlow K., Helming K., Kögel-Knabner In., Lang B., Rabot E., Russell D., Stöbel B., Weller U., Wiesmeier M. and Wollschläger U.. A systemic approach for modeling soil functions. SOIL, 2018. 4, 83–92, doi.org/10.5194/soil-4-83-2018.

¹⁴⁸ Jeffers J. N. R. An introduction to systems analysis : with ecological applications. London : E. Arnold, 1978. 187 p.

входили у програми польових і лабораторних досліджень. Галузевий і пооб'єктний аналіз систем і явищ у виробничому і природному середовищі був основою синтезу загальних нових положень, виведення нових загальних закономірностей та формулювання нових знань.

Уся системологія побудована на фундаменті із чотирьох аксіом, які виведені з аксіом. Вони були методологічною підосновою нашого дослідження.

Аксіома перша – в системі завжди є одна постійна генеральна мета. Це так званий принцип цілеспрямованості, призначеності системи.

Аксіома друга – мету для системи ставить зовнішнє середовище або надсистема. Іншими словами, це принцип задання мети для системи.

Аксіома третя – для досягнення мети система повинна діяти певним чином. Відповідає принципу виконання дії системами.

Аксіома четверта стверджує – результат дії систем існує незалежно від самих систем. Її ще розглядають як принцип незалежності результату дії.

Методологічно ми опиралися на чотири засадничих закони системології. Зокрема, це – закон збереження або принцип постійності дії системи для збереження постійності мети. Закон збереження матерії (матерія ніколи не з'являється з нічого і вона ніколи нікуди не зникає) є лише прикладним фізичним законом, що сформульований раніше, і може слугувати прикладом індуктивного мислення в ході становлення теорії систем.

Наступний, це – закон причинно-наслідкових обмежень або принцип детермінізму дій системи. Іншими словами, на будь-який наслідок є своя причина, або нічого само собою без причини не з'являється і просто так без наслідків не зникає. Система завжди має реагувати лише на визначені зовнішні дії та завжди давати лише визначену реакцію на ці дії.

Важливими є закон ієрархії цілей або принцип розподілу мети на ієрархічно підпорядковані цілі, а також, закон ієрархії систем або принцип розподілу підпорядкованих цілей між підсистемами й принцип підлеглості підсистем.

Закон збереження – це один з основних законів об'єктивного світу. Виходячи з його фізичного трактування, що матерія ніколи не з'являється з нічого і вона ніколи нікуди не зникає, а лише

перетворюється (тобто вона була, є і буде завжди), окреслимо фундаментальні середовищеві та системотвірні субстанції.

Системний методологічний підхід має загальна екологія. Вона має фундаментальне завдання вивчати особливості існування живих систем у функціонально взаємопов'язаному з ними природному чи антропізованому середовищі, їхню стійкість до збурювального впливу виробничої діяльності людини та природних стихій, способу підтримування їхніх життєвих функцій і збереження їх у мінливому зовнішньому середовищі.

Для спеціальних досліджень ми застосували прикладні методи ¹⁴⁹, ¹⁵⁰ аутоекології (екологія організмів – організових систем), демекології (екологія популяційних систем), синекології (екологія біотичних систем-угруповань) і біогеосферології (вчення про глобальну екосистему – біогеосферу).

Мета досліджень – з'ясувати закономірності функціонування природних та антропогенних екосистем та розробити системний підхід до агроекологічних проблем у західному регіоні України.

Результати дослідження та обговорення. Структура та функціонування систем, роль середовища та особливості агроекосистем були об'єктами наших досліджень.

Поняття системи охоплює деякий уявний об'єкт, що є множиною умовно неподільних (цілісних) елементів, між якими з'ясовані певні відношення (зв'язки). Завдяки їм набір елементів перетворюється на пов'язане ціле, де кожен елемент, зрештою, може виявитися (можливо, опосередковано) пов'язаним зі всіма іншими елементами, і його властивості не можна зрозуміти без урахування цього зв'язку. З іншого боку самій системі, як цілому, притаманна наявність інтеграційних властивостей. Наявність зв'язків і відношень між елементами й породжувані ними інтеграційні, цілісні властивості системи забезпечують її відносно самостійне, відособлене існування (а в деяких випадках і розвиток).

Система, як відносно відмежована цілісність, протистоїть середовищу, оточенню. В ньому виділяють найближче оточення, у взаємодії з якими функціонує система. Разом із внутрішніми відношеннями у середовищі системи також властиві зовнішні зв'язки й відношення.

¹⁴⁹ Гайнріх Д, Гергт М. Екологія: dvt-Atlas: Пер. з 4-го нім. вид. / Наук. ред. В. В. Серебряков. Київ : Знання-Прес, 2001. 287 с.

¹⁵⁰ Голубець М. А. Екосистемологія. Львів : Поллі, 2000. 316 с.

З-поміж усієї безлічі зв'язків і відношень системи особливо важливі так звані системотвірні, що є головно внутрішніми. Саме вони виражають цілісні, інтеграційні властивості системи, визначають її специфіку – емерджентність, тобто ознаку, яка не притаманна будь-якому з її окремих складників. Системна організованість, або самоорганізованість – це властивість цілого бути більшим за суму його частин.

3.1. Структура та функціонування систем

Компонентний склад і природа зв'язків. З огляду на розуміння, що система – це цілісна множина взаємопов'язаних елементів, важливо знати які саме елементи та в якій кількості належать до аналізованої системи, як вони між собою та із зовнішнім оточенням співвідносяться, яким чином організована ця сукупність.

Поєднання цілісної сукупності елементів (компонентів), як умовно неподільних одиниць на прийнятому рівні (або способі) її розчленовування, утворюють склад системи. Компоненти системи формують внутрішній порядок розташування, відношень, зв'язків, функціонування, наслідком чого є певна стала (або зрівноважена) структура системи. За таких обставин установлюється певна організація, як властивість об'єктів проявляти взаємозумовлену поведінку в рамках охопленого складу системи. Склад системи – це своєрідні запаси та її основа. Їх можна побачити, відчути, кількісно оцінити або безпосередньо виміряти в будь-який момент часу ¹⁵¹.

Запас (або рівень) – це те, що є в певній кількості та накопичено системою з плином часу, надбано в матеріальній формі або у вигляді інформації.

Це може бути рівень води в озері, обсяг біомаси й енергії в системі, обсяг інформації тощо. Запас не обов'язково має фізичне втілення. Запасом може бути уміння, досвід, знання. Запаси (рівні) відображають хронологію змін потоків в системі.

Внутрішній устрій системи – це поєднання складу, структури й організації компонентів. Склад є вагомим чинником щодо її складності. Природа системи залежить від її компонентного складу, зміна якого спричинює зміни її властивостей. Наприклад, додаючи до злакового травостою екосистеми кормових угідь додатковий

¹⁵¹ Згуровський М. З., Панкратова Н. Д. Основи системного аналізу. Київ : Вид. група ВНУ, 2007. 544 с.

компонент – бобові трави, можна отримати потрібний ефект: збагатити її додатковим азотом з атмосфери; підвищити показники родючості ґрунту й отримати корми, багатші протеїном¹⁵².

Для компонентів системи притаманні певні властивості.

Властивість – це входження елемента в окреслений клас речей (явищ, об'єктів тощо), коли при його ідентифікації не вимальовується новий предмет, або ж ознака, притаманна іншим певним речам (явищам, об'єктам), яка могла б відрізнити або ототожнювати їх.

Усі складники системи володіють двома виразними видами властивостей. Перший – це елементарність (ступінь простоти) за певного способу розчленовування. Другий вид властивостей – це природні ознаки елементів. Наприклад, рослини в екосистемі – це автотрофи, тварини – гетеротрофи, консументи, редуценти тощо. Елементи в системі існують не самі собою, а пов'язані один з одним, тобто мають різного виду взаємовідношення. Зв'язок – це певне взаємне обмеження об'єктів (робить передбачуваною їхню поведінку), залежність між ними, обмін між компонентами речовиною, енергією, інформацією. Зв'язки, які відіграють винятково важливу роль у системі, бувають прямі та зворотні. На них будується сутність системи. Зв'язки створюють основу архітектоніки системи, забезпечують взаємодію елементів, їх взаємний вплив, участь у загальносистемних процесах. Функція зв'язків специфікацій задає конкретні властивості системі, визначає її специфіку. Життєдайна (вітальна) функція зв'язків забезпечує життєдіяльність системи, підтримує обмін системи з довкіллям. Зміни в цих зв'язках зумовлюють ознаки різних етапів розвитку системи. Зв'язки є складним явищем, вони такі багатоманітні й різнорівневі, що їх вивчення потребує методологічних засобів різних наук. У змістовному підході щодо суті зв'язків їх поділяють на енергетичні (потік і передача енергії між елементами системи), матеріально-речові (міграція об'єктів, тіл, потоки речовин), інформаційні (потоки інформації).

Структури та суть організації систем. Важливими є такі дві фундаментальні властивості системи, як її структура й організація. Усі тканини живих організмів утворені з клітин, проте навіть однакові клітини, розташовані певним чином (наприклад стовпчаста і губчаста паренхіма листків), створюють різну функціональну якість цих тканин,

¹⁵². Effects of lime and fertiliser on productivity of Albic Retisols / V. Polovyy et al. *International Journal of Environmental Studies*. 2023. Published online: 13 Mar 2023. doi.org/10.1080/00207233.2023.2179755.

бо вони по-різному організовані. Тому властивості системи не зводяться до властивостей її компонентів.

Структура – це впорядкованість відношень, що пов’язують елементи системи й котрі забезпечують її рівновагу, спосіб організації системи, типи зв’язків. Структура конкретної системи, або її будова (порядок взаємовідношень між компонентами) – це сукупність стійких зв’язків між елементами, які забезпечують її цілісність та ідентичність. Структура завжди складніша за просту сукупність, бо склад дає відповідь на запитання – «Що має система?», а структура розкриває таємницю – «Як влаштована система?».

Структура системи вказує на спосіб розгортання елементів системи у просторі й часі. Актуальна структура дає уявлення про напрям розвитку системи у певний момент часу, вектор її руху. Будь-яку структуру можна описати за такими основними властивостями:

- загальною кількістю зв’язків, що зумовлюють складність системи;
- загальною кількістю взаємодій, які визначають стійкість системи;
- кількістю зв’язків кожного елемента, що свідчать про інтенсивність взаємодії елементів;
- кількістю внутрішніх зв’язків, які визначають внутрішній устрій системи;
- кількістю зовнішніх зв’язків, що свідчать про взаємодію системи із середовищем, її відкритість.

Важливою структурною властивістю системи є її стійкість. Вона складна й суперечлива. З одного боку, стійкість визначає здатність структури чинити спротив зовнішнім діям, тобто це властивість життєздатності системи. З іншого – найстійкіші структури властиві для детерміністських систем, які відрізняються примітивністю.

Прикладом надзвичайно складної стійкості систем за відсутності стохастичних впливів катастрофічної сили є нативні екосистеми. Структура екосистеми є множиною відношень між її підсистемами й між екосистемою та навколишнім середовищем. Новизна екологічного підходу В. Вернадського полягає у відкритті енергетичної та біогеохімічної основи стійкості екологічних відношень. Виникає завдання вивчення змісту екопроцесів утворення і розкладу органічної речовини й супровідних механізмів мінерального живлення рослин, трофічних взаємодій між організмами в харчових ланцюгах, а також специфічних біотичних взаємодій (конкуренція, коменсалізм,

мутуалізм та ін.), у рамках цілісного біогеохімічного й енергетичного підходу. Отже, специфіка пізнання екологічних відношень полягає в розкритті енергетичних і біогеохімічних механізмів, через які здійснюються стійкі зв'язки між підсистемами екосистеми.

Екологічні відношення охоплюють різноманітні механічні, фізичні, хімічні й біотичні взаємодії, що традиційно становлять предмети відповідних спеціальних наук. Проте в екології всіх їх потрібно розглядати в єдності та взаємозв'язку, які зумовлюють цілісне функціонування екосистем. Цей інтегратизм, що становить сутність екологічного підходу, якраз і є гарантований загальною біогеохімічною енергетичною основою.

Організація – це результат усталених взаємовідношень елементів і є властивістю всіх систем різного ієрархічного рівня, котра відповідає певній упорядкованості її змісту адекватно до дії системотвірних чинників.

Під організацією також розуміють саме процес упорядкування системи, яка до цього мала інший рівень організаційної структури. У цьому сенсі під організацією часто розуміють безперервний і стійкий процес становлення і набуття системою нових властивостей з-поміж іншого і завдяки її глибшому дослідженню й оптимізації через свідоме й розумне втручання людини.

Складники системи можуть існувати в ній паралельно і послідовно. Послідовність елементів є алгоритмом їх руху. Важлива властивість системи – ритміка її станів. Під ритмом розуміють чергування певних елементів, що триває із певною послідовністю і частотою. Ритміку системам можуть задавати як внутрішні, так зовнішні хвилові явища, що зумовлюють коливання складу й структури. Це можуть бути сонячні цикли, зміни клімату тощо. Вплив хвилових процесів на систему може бути максимальним і незначним. Тому виділяють ритмічні та неритмічні системи.

Оптимізація організаційної структури за розгляду цих показників щодо їхньої оперативності, централізації, периферійності, живучості, обсягу їхніх компонентів є класичною проблемою системного аналізу.

Поняття мети, декомпозиції й агрегації. Важливою складовою частиною системного підходу є визначення мети утворення й існування системи, що висвітлює відповідний аспект її організації.

Мета системи – це ідеальне передбачення результату діяльності, її регулятор. У самому розумінні та визначенні мети присутній суб'єктивний фактор – людина. Мету формулює аналітик у процесі

своїї дослідницької роботи. У теорії систем мету розглядають як у суб'єктивному, так і в об'єктивному сенсах.

У суб'єктивному сенсі мета виступає як мета людини, зайнятої дослідженням, конструюванням і керуванням системами. Вона представляється як те, на що спрямована діяльність людини стосовно систем.

В об'єктивному сенсі під метою розуміють той стан, до якого прагне система, заради чого вона існує. Таке розуміння мети найчастіше використовують у системному підході. Отже, мета зводиться до визначення аналітиком майбутнього стану системи, який може бути зумовлений найрізноманітнішими механізмами.

Об'єктивно, жодна система не володіє свободою волі та не може задати сама собі мету. Мета диктується потребою чогось чимось (когось кимось, або комбінації цих двох варіантів), що перебуває поза системою. Отже, мету перед системою завжди ставить інша система чи оточення систем. Але також об'єктивно є системи й самодостатні, які ставлять перед собою цілі? Наприклад, ми, люди, можемо ставити перед собою мету. Отже, поява у реальному світі фактора свідомості (самоусвідомлення) означає виникнення незалежних самодостатніх систем.

Отже, бачимо, що поняття мети неминуче породжує питання: а хто, або що ставить цілі перед системою? Дотепер зрозумілим є лише одне – мету перед системою завжди ставить інша система, а самі системи, включаючи людину, свободою волі не володіють.

Природним нормальним станом системи є гомеостаз, тобто функціональна рівновага. Водночас система може бути спрямована й на інші стани. Такими станами можуть бути інтеграція, адаптація, агресія, руйнування, творення чого-небудь або спокій.

З позиції значущості для системи мета буває стратегічною, що веде до якісних перетворень системи, найсильніших її дій на довкілля.

Мета, пов'язана з локальними змінами системи й незначними діями на середовище, може бути тактичною.

Крім того, цілі бувають простими й складними. За дистанцією до результату їх доцільно ділити на кінцеві та проміжні; за терміном досягнення – на найближчі, віддалені й перспективні; за охопленням системи – на загальносистемні й часткові, тобто такі, що охоплюють не систему загалом, а окремі її підсистеми.

Мета системи є суцільною ієрархією простих позицій.

Послідовне розчленування мети на прості компоненти, або окремі

часткові цілі називається декомпозицією.

Згідно з декомпозицією цілі мають кілька рівнів: цілі нижнього рівня ієрархії підпорядковані цілям верхнього; цілі верхнього рівня не можуть бути досягнуті, допоки не будуть досягнуті цілі найближчого нижнього; цілі неелементарні розпадаються, зрештою, на елементарні.

Протилежною до декомпозиції є операція під назвою агрегація – об'єднання кількох елементів у єдине ціле. Необхідність агрегації, наприклад цілей, потрібна насамперед для виявлення надмети системи.

Після виділення цілей і підпорядкованих цілей можна будувати «дерево цілей». Термін «дерево» використовують для позначення окремого виду графа, який має ієрархічну структуру. «Дерево цілей» – це дерево, що ілюструє цільову структуру зі звислими гілками.

Наступна фаза декомпозиції передбачає встановлення цілей. Згодом їм надають вагомість, яку розраховують за допомогою здійснення експертизи (експертних оцінок). Далі формують перелік ресурсів для реалізації цілей системи. Цільова характеристика системи може мати кілька варіантів: «дерева цілей», «куща цілей», «лісу цілей» і «суміш цілей».

Організація і складність екосистем. В екосистемі живі організми, їхнє живе оточення і неживе (абіотичне) середовище пов'язані між собою та перебувають у постійній взаємодії. Біотичною частиною системи є біоценоз, або біотичне угруповання, тобто сукупність живих організмів, що мешкають на одній території (акваторії), пов'язаних між собою трофічними й іншими зв'язками, і беруть участь у загальних процесах самовідтворення. Зокрема, розрізняють «фітоценоз» (угруповання рослин), «зооценоз» (угруповання тварин) і «мікробоценоз» (угруповання мікроорганізмів). Всі вони є підпорядкованими компонентами підсистемами екосистеми.

Термін «біоценоз» застосовують також для штучних угруповань живих організмів, наприклад, одноклітинних, таких, що вирощує людина з метою виробництва біомаси (дріжджі) або продуктів життєдіяльності цих організмів (пеніцилін) у спеціальних культиваторах. Сукупність культурних рослин в агроекосистемах – це агрофітоценози, поголів'я тварин – агрозооценози, у водному середовищі гідробіоценози – марикультура й аквакультура водоростей, молюсків, риб та інших організмів. Мета їх культивування – отримання білкової й іншої харчової продукції.

Біогеоценоз – це екосистема ¹⁵³, якою є ділянка суходолу або донної земної поверхні водойми, де тривалий період біоценоз (фітоценоз, зооценоз, мікробоценоз – *біо-*) та освоєні частини атмосфери, літосфери, гідросфери й педосфери (*-гео-*), залишаються однорідними, постійно зв'язаними між собою однотипними взаємовідношеннями, тому сукупно створюють єдиний, внутрішньо зумовлений комплекс (*ценоз*).

Клімату й атмосферним умовам у системі належить не лише роль джерела енергії (світла, тепла) і речовин (повітряної вологи, вуглецю тощо), але й роль інформаційного чинника, який частково керує процесом. Відомо, наприклад, наскільки істотно впливає на весь хід розвитку рослин і тварин періодична зміна інтенсивності світла і температури (фото- і термоперіодизм), тривалості добового світлового періоду.

Біотична частина екосистеми з позиції трофічних відношень має два рівні: 1) автотрофний компонент (*продуценти*), до якого належать фото- і хемосинтетики й 2) гетеротрофний, що живиться органічними речовинами, створеними автотрофами.

У наземних екосистемах основну частину продукційного блоку становлять зелені рослини, а у водних екосистемах – одноклітинні (фітопланктон) і багатоклітинні водорості. На автотрофному рівні відбувається фіксація світлової енергії та перетворення простих неорганічних речовин у складні органічні сполуки.

До гетеротрофної частини біоценозів належать макроконсументи (або просто консументи) – хижаки різного рівня. Вони харчуються за рахунок консументів нижчого рівня й мікроконсументів. Редуценти – гетеротрофні організми, що харчуються відмерлими залишками й продуцентів, і консументів. Редуценти в ході своєї життєдіяльності розкладають високомолекулярні органічні речовини (білки, жири, целюлозу тощо) і вивільняють мінеральні поживні сполуки, які можуть бути знову використані продуцентами ¹⁵⁴. Так замикається колообіг речовин у біогеосфері.

Природні екосистеми значною мірою перебувають під впливом

¹⁵³ Голубець М. А., Гнатів П. С. Фундаментально про екологію, середовище-знавство, охорону природи, охорону довкілля та геосоціосистемологію. *Екологія та ноосферологія*. 2007. Том. 18. № 1–2. С. 7–15.

¹⁵⁴ Stoichiometry of arable black soil on the Ukrainian Western Forest Steppe / P. Hnativ et al. *International Journal of Environmental Studies*, 06 Mar 2024. P. 1–14. doi.org/10.1080/00207233.2024.2314869.

кліматичних і погодних чинників. Разом із людською діяльністю саме тип клімату, а також гідрологічні й ландшафтні особливості визначають видовий склад і структуру біогеоценозів. Основними кліматичними чинниками є сумарна сонячна радіація і температурний режим, який окрім безпосереднього зв'язку з радіацією, що надходить до земної поверхні, визначається ще морськими течіями й великомасштабними переміщеннями повітряних мас, а також водним режимом, пов'язаним із кількістю опадів і їх розподілом по наземних екосистемах упродовж року¹⁵⁵.

Під впливом ґрунтово-кліматичних умов на земній поверхні історично виникли й еволюціонували різні рослинні формації (фітоценози). Залежно від антропогенної активності на суходолі досі подекуди залишилися ліси, степи, і водночас збільшилися площі сільськогосподарських угідь, пустель. Змінилася рослинність і тваринний світ океанів і прісноводних водойм.

Сукупно із тваринами (консументами), грибами й бактеріями (редуцентами), які населяють суходіл, рослинний покрив формує мозаїку різноманітних екосистем – від консорцій до біомів, які розрізняють за просторовою структурою і видовим складом, за масштабами, особливостями та швидкостями процесів створення й розкладу органічної речовини, обсягами колообігу мінеральних сполук. У прісноводних системах і в океані поширені як біогеоценозні, так і інші акваекосистеми, що не прив'язані до певного місця, а лише до властивостей гідротопа – водної товщі.

Дуже специфічними є глибинні рифтові екосистеми, які цілком незалежні від сонячної енергії. Вони використовують хімічну енергію сполук і термальну енергію вулканічної лави. Відкриття екосистем на глибині 2 тис. м, які не потребують фотосинтезу, змінило погляди вчених на життя. Тепер такі екосистеми відкриті по всій абісали та ультраабісали Світового океану.

Типізація системних функцій. Діяльність системи визначається кількістю активних елементів. Якщо жоден із них не активний, наприклад насіння сої кілька діб після сівби – це стан спокою. Він буває за відсутності зовнішньої дії – достатнього тепла і вологи в ґрунтів. Якщо всі елементи одночасно функціонують – це максимально активний функціональний стан системи, який виникає за

¹⁵⁵ Influence of climate dynamics and liming on physicochemical soil properties and crop-rotation productivity of North-Western Polissya in Ukraine / V. Polovyy et al. *Soil Science Annual*. 2022. Vol. 73 (1). P. 146856. doi.org/10.37501/soilsa/146856.

максимально енергійної зовнішньої дії (у середині літа, коли максимально росте і розвивається соя, шкідники, хвороби й супутні бур'яни).

Функція є властивістю системи чинити конкретні дії, для виконання яких її елементи здійснюють різні форми руху, а також взаємодією системи з її навколишнім середовищем у процесі досягнення мети або збереження рівноваги.

Функціонування – це дія системи із плином часу.

Функція – це виконання, здійснення або завершення, тобто дія системи, за якої зміни одних об'єктів призводять до змін інших. Проте цю дефініцію вживають настільки часто, що її змістовне навантаження дуже розмите.

Під функцією системи, зазвичай, розуміють:

- дію системи, її реакції на середовище;
- множину станів на виході системи (зовнішній результат, ефект, властивість, ознака тощо);
- в описовому (дескриптивному) підході до функції її розглядають як властивість системи, що розгортається в динаміці;
- процес досягнення мети системою;
- погоджені між елементами дії в аспекті реалізації системи як цілого;
- траєкторію руху системи, яка може бути описана математичною залежністю, формулою, що зв'язує залежні та незалежні змінні системи.

Важливим є поняття про функціональну залежність у системі, яке зумовлює основні напрями функціонального аналізу. Функціональна залежність може бути: між окремими компонентами системи; між компонентами й системою загалом; між системою загалом та іншою, ширшою системою, або надсистемою, компонентом якої є ця система. Загалом, функціональний аналіз зводиться до визначення зазначених видів функціональних залежностей, які ілюструють і пояснюють активність системи.

У збереженні здорового довкілля найважливішим є розуміння внутрішніх і зовнішніх функцій екосистем різного походження. Питання про взаємодію і взаємозумовленість цих функцій представляється також одним з наріжних положень загальної теорії систем. Адже воно концентрує в собі практично всі основні проблеми не лише функціонування, але і розвитку систем, загального стану довкілля на планеті.

Зовнішні функції – це активні, спрямовані дії системи на довкілля для досягнення поставлених цілей. Зовнішні функції реалізують зовнішні результати системи. Вони є стійкими реакціями системи на середовище і стійким зв'язком системи з ним.

Тому для них властиві:

- стійкість і стабільність, коли система постійно проявляє себе;
- спрямованість, тобто функція обов'язково на щось зорієнтована, вона предметна;
- активність, бо функціонування – це прояв активності в досягненні мети;
- взаємодія із середовищем, оскільки функція не зводиться лише до дії на середовище.

Внутрішні функції системи визначаються тим, що виконання системою зовнішньої роботи неминуче спричинює мобілізацію системи. У ній відбуваються різні «узгодження» цілей, упорядкування речовин, енергії, засвоєння й використання інформації.

Налагодження обміну з довкіллям потребує постійного внутрішнього регулювання елементів, взаємозв'язків між ними тощо. Тому під внутрішньою функцією потрібно розуміти найважливішу умову зовнішнього функціонування, за якого прояв цілого забезпечується проявом та існуванням його частин, тобто це спосіб взаємодії частин усередині цілого.

Внутрішні функції можна поділити на такі види:

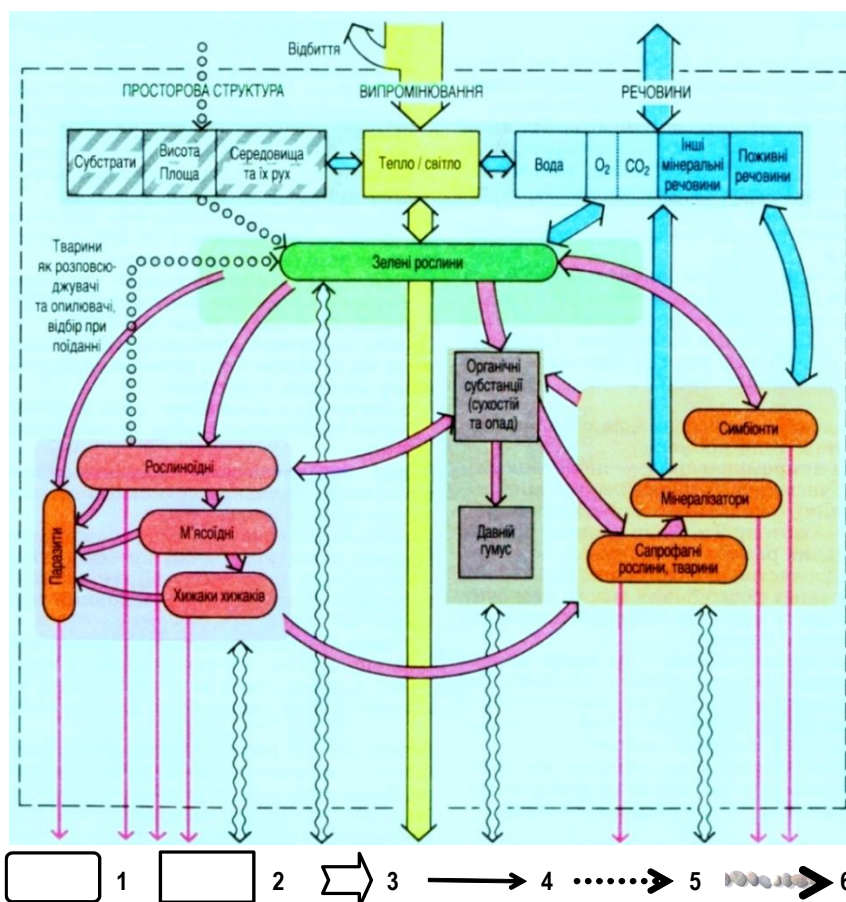
- розпорядча (закріплення за елементами й підсистемами певних дій);
- координації та узгодження (спільні дії елементів);
- субординації або супідрядності (розподіл між елементами координаційних або субординаційних відношень);
- контрольна (контроль відповідності дії певній еталонній нормі);
- цільова (визначає мету функціонування і розвитку системи).

Реалізуються внутрішні функції природними або інтелектуальними втручаннями в механізми системи.

Для відображення системи та здійснення системного аналізу потрібно володіти спеціальним поняттєвими комплексом – сукупністю категорій і дефініцій, які повинні мати однозначне трактування та предметне застосування.

Функціональна організація. Вирішальним функціональним «організатором» будь-якої екосистеми є постійний потік енергії через

її структури¹⁵⁶. Функціональна організація полягає в тому, що кожна система відрізняється своїм набором зовнішніх функцій, а їх реалізація змушує її елементи й підсистеми діяти певним чином у напрямі досягнення зовнішніх функцій системи як цілого. Завдяки цьому між елементами виникають дієві зв'язки (рис. 1).



Примітка: 1 – живі компоненти (продуценти, редуценти, консументи);
2 – неживі компоненти й середовище (з-поміж іншого і мертва органіка);
3 – випромінювання, потоки й стоки; 4 – утрата енергії у процесі дихання;
5 – інші види впливу; 6 – переміщення на місцевості (від або до екосистеми).

Рис. 1. Структурна і функціональна організація екосистеми

Отже, функціональний зв'язок виступає такою формою взаємодії між відповідними елементами цілого, за якої поведінка цих елементів взаємозумовлені, а ланцюг причин і наслідків замкнутий, зокрема, як в екосистемах. В автотрофних екосистемах рушійною силою функціональної організації й, одночасно її метою, є сонячна енергія, у гетеротрофних, зокрема рифтових океанічних, хімічна енергія різних речовин.

¹⁵⁶ Гайнріх Д., Гергт М. Екологія: dvt-Atlas: Пер. з 4-го нім. вид. / Наук. ред. В. В. Серебряков. Київ : Знання-Прес, 2001. 287 с.

Головну функцію – засвоєння енергії, реалізують живі організми, вони ж її й розсіюють у довкіллі. Проте, каналізуючи енергію по ланках живлення, живі елементи системи можуть її нагромаджувати у формі хімічної енергії, котра стає ресурсом для інших живих організмів. Це вагома властивість первинних накопичувачів енергії – продуцентів, яка дає змогу консументам функціонально організовуватися й адаптуватися. Побічними, але зовсім не другорядними наслідками складної функціональної організації екосистем, є нагромадження мертвої органіки, зокрема гумусу у ґрунтах.

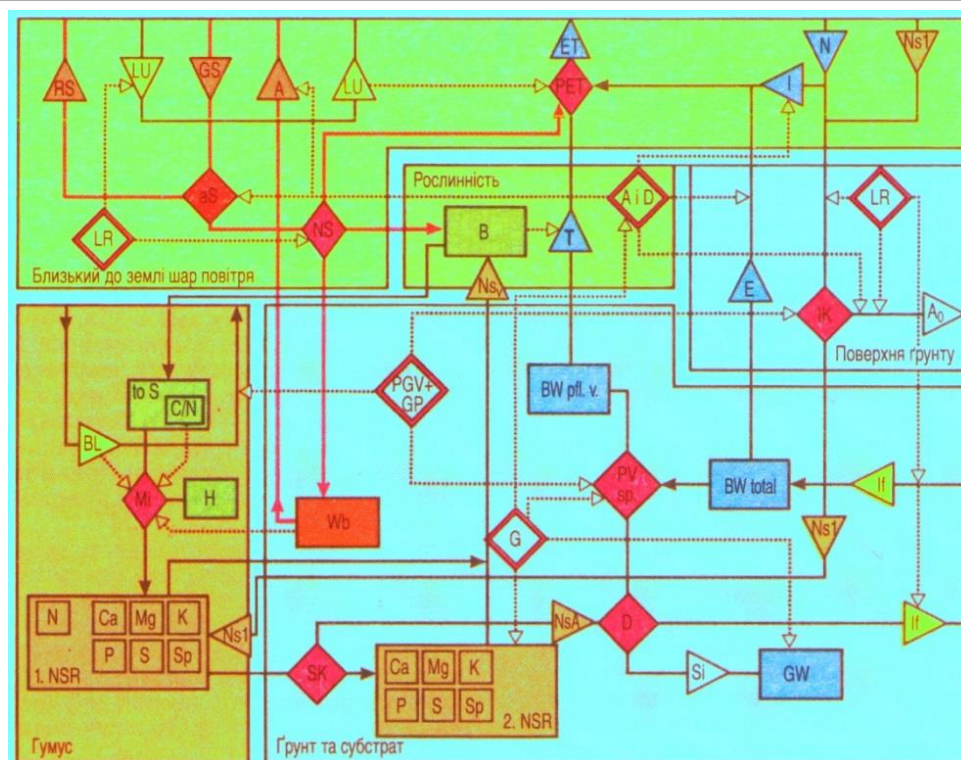
Отже, функціональний зв'язок виступає такою формою взаємодії між відповідними елементами цілого, за якої поведінка цих елементів взаємозумовлені, а ланцюг причин і наслідків замкнутий, зокрема, як в екосистемах. В автотрофних екосистемах рушійною силою функціональної організації і, одночасно її метою, є сонячна енергія, у гетеротрофних, зокрема рифтових океанічних, хімічна енергія різних речовин.

Головну функцію – засвоєння енергії, реалізують живі організми, вони ж її і розсіюють у довкіллі. Проте, каналізуючи енергію по ланках живлення, живі елементи системи можуть її нагромаджувати у формі хімічної енергії, котра стає ресурсом для інших живих організмів.

Функціонування нативних екосистем. Специфіка екофункціональних взаємовідношень спонукає до визнання складності законів функціонування нативних екосистем як законів перебігу взаємопов'язаних процесів руху речовин та енергії в них ¹⁵⁷. Найважливішими із цих процесів є створення основної маси органічної речовини планети та фотосинтетичної акумуляції у ній сонячної енергії (рис. 2). Вони супроводжуються пов'язаними процесами розкладу органічних решток і біотичного колаообігу поживних елементів та відбуваються на тлі геоматичних, водотрансформаційних, геохімічних і метеоатмосферних процесів на земній поверхні.

Функція екосистеми є інтегральним поняттям для вираження сукупності законів цілісної взаємодії підсистем, сполучених у надсистему, під впливом навколишнього середовища. У такому розумінні функція екосистеми об'єднує всі закони, які управляють змінами цих аспектів системи.

¹⁵⁷ Гайнріх Д, Гергт М. Екологія: dvt-Atlas: Пер. з 4-го нім. вид. / Наук. ред. В. В. Серебряков. Київ : Знання-Прес, 2001. 287 с.



Регулятор структури

LR – становище в рельєфі;

G – ґрунтовка;

PGV+GP – класифікація пор за розміром і загальний об'єм пор;

A i D – тип та густота рослинності.



Регулятор потужності

IK – потужність інфільтрації;

D – проникність;

PVsp. – об'єм пор, здатний до накопичення;

SK – потужність сорбції;

aS – абсорбція випромінювання.



Регулятор інтенсивності

NS – чисте випромінювання;

PET – потенційна евапотранспірація;

Mi – мінералізація.



Нагромаджувач

BW total – загальний запас ґрунтових вод;

BW pfl.v. – ґрунтова вода для рослин;

GW – запас ґрунтової води на місцевості;

B – біомаса;

to S – мертва орг. субстанція;

Wb – тепло ґрунту;

1 NSR – резерв гумусових поживних речовин;

2 NSR резерв ґрунтових поживних речовин;

Sp – мікроелементи.



Процеси

N – опади;

I – втрати через інтерцепцію;

E – випаровування;

T – транспірація;

ET – евапотранспірація;

A0 – стікання з поверхні;

Si – вода, що просочується;

GS – глобальне випромінювання;

RS – частка відбитого випромінювання;

A – випромінювання;

LU – загальний обмін повітряних мас;

If – поверхневе стікання;

BL – обіг повітря ґрунту;

Ns 1 – вхід поживн. речовин;

NsA – вимивання поживних речовин.

Nsy – вбирання поживних речовин рослинами.

→ Потік енергії та обіг речовин.

... Відношення впливу.

Рис. 2. Схеми функціонування екосистеми

Різноманітні процеси (підфункції та функції за В. Вернадським) нативних екосистем описують усі аспекти її біогеохімічної роботи.

З них основними є такі екофункції: 1) енерготрансформаційна; 2) синтезу і розкладання речовин; 3) газообміну; 4) окиснення й відновлення; 5) локалізації (концентрування) хімічних елементів; 6) водотрансформаційна; 7) захисна; 8) середовищевірна та ін.

Завдання пізнання функцій екосистеми виступають як засоби досягнення головної мети її вивчення, оскільки саме у функціонуванні виявляються особливості різних типів екосистем (тундрових, лісових, степових, пустельних, гірських і водних, а також напівштучних і штучних аграрних) та їхньої реакції на різні види людської діяльності.

Досі різні аспекти функціонування екосистем вивчені до різної глибини в якісному і кількісному відношенні. Так, якщо основний процес функціонування екосистем – продукування органічної речовини, детально вивчений з якісного боку, то кількісно він досліджений набагато менше.

Поняття складу, структури й функції екосистеми дають змогу краще розкрити її як об'єкт системного підходу й показати, що екосистемі властиві такі тривіальні системні риси, як висока складність, ієрархічність будови, цілісність, динамічність та унікальна здатність до саморегулювання й адаптації.

3.2. Системи та середовища

Суть кібернетичної саморегуляції. Система і середовище функціонально пов'язані і їх не можна зрозуміти у відриві одне від одного. Система починається там, де проходить відмежування її від довкілля. Середовище видимо або невидимо, тепер або пізніше обов'язково впливає на систему. Сама система є сукупністю середовищ. Стосовно ролі середовища в житті об'єкта можна виділити дві групи систем. Перша група спирається на внутрішні джерела розвитку, а друга – на зовнішні. Між середовищами й системою існують двобічні взаємодії, тобто вектор може бути спрямований від середовища до системи й від системи – до середовища¹⁵⁸.

Принципово важливою властивістю систем вважають відкритість і закритість. Під відкритістю системи розуміють кілька компонентів.

Відкритість – це відсутність суміжної проблеми між системою та

¹⁵⁸ Гнатів П. С. Природне й антропогенне середовища: їхня суть і значення, методологія наукового пізнання. Зб. наук. праць IV Міжнар. наук. конф. «Фальцфейнівські читання» (24–26 травня 2007 р. Херсон) : ПП Вишемирський, 2007. С. 68–71.

довкіллям, тобто відкрита система не має жорстких меж. Відкритість асоціюється зі свободою елементів системи. Ця свобода зводиться до можливості й реальності вибору, рухів елементів у різних напрямках. Відкритість системи реалізується через зовнішні функції взаємодій.

Надзвичайно важливою є адаптивна функція, притаманна великому колу адаптивних систем, що володіють здатністю пристосовуватися. Вони забезпечують узгодження системи з її оточенням, взаємну зміну поведінки. Природа й механізми адаптації залежать винятково від сутнісної природи самих систем і їхнього довкілля. Функції обслуговування є властивостями адаптивних систем, які є допоміжними для взаємодії й підтримання систем вищого порядку.

Різноплановий вплив середовища перманентно «відчувають» екосистеми, тому вони повинні постійно пристосовуватися. Нативні (лат. *nativus* – природжений, природний) екосистеми є самоорганізованими та саморегульованими. Біотичні системи є обмежено відкритими та ступінь відкритості залежить від рівня їхньої організації. Вхідні канали, якими вони пов'язані із зовнішнім середовищем, спеціалізовані та є під контролем самих біотичних систем. Їх розглядають як шляхи інформування про зовнішнє середовище і його флуктуації. Це й робить можливими адаптивне реагування і регуляції всієї структури – власне системи та її довкілля. Усі регуляторні процеси можливі лише за рахунок механізмів, що діють усередині системи: метаболізму під впливом нуклеопротейдів ядра і комплексу ферментів у клітині, фізіологічних і формотвірних взаємодій у тілі особини, взаємодії особин у популяції й виживання популяцій конкретного виду, а також виживання видів у біоценозі, припасування біоценозів у екосистемах, гармонізація екосистем у ландшафтах, аж до збалансування всіх екосистем у біосфері.

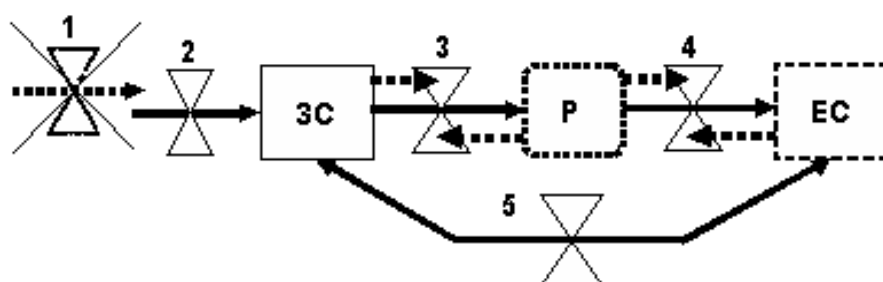
Адаптивна здатність, за загальною теорією систем – це можливість системи пристосовуватися у довкіллі без утрати своєї ідентичності. Неадаптивна система не володіє здатністю пристосовуватися і зникає або поглинається адаптивною надсистемою, інтегруючись у неї як новий елемент.

Адаптація у біології, як пристосування будь-якого організму до умов середовища, у науковій літературі має численні визначення із різним розумінням її сутності, глибини й вагомості. Явища адаптації як форми, й адаптації як функції, на нашу думку, досі не мають завершеного теоретичного обґрунтування. Це спричинено певними

суперечностями між дарвіністами, неодарвіністами й автоеволюціоністами у розумінні загальних чинників і наслідків еволюції та розвитку біології як науки загалом через історичні причини.

Біотичні системи – клітина, багатоклітинний організм, вид, популяція, екосистема – утворюють єдиний ряд взаємопов'язаних, ієрархічно підлеглих одиниць. Історичні зміни цих систем тому завжди взаємозумовлені. Хоча біоценоз, як і популяція, володіє внутрішнім механізмом саморегуляції та підтримки постійності своєї структури в певних умовах існування, це, звичайно, не означає обов'язкове збереження цієї структури незмінною при коливанні життєвих умов. Навпаки, разом зі зміною умов існування і природний біоценоз є в стані перманентної перебудови.

Схарактеризуємо суть кібернетичної саморегуляції системи живого організму (популяції) за принципом зворотного зв'язку. Система (рис. 3), сприйнявши адекватно зовнішню (2) дію (якщо це не нищівне стихійне лихо – 1), скеровує (3) отриманий сигнал до «регулятора» (Р), який «виробляє відповідь» (4) на неї.



Примітка: ЗС – «збуджена» система; Р – регулятор; ЕС – еталонний стан (норма); 1 – імовірна стохастична дія (відсутня); 2 – збудження системи; 3 – внутрішній вихід «збудженої» системи на регулятор; 4 – порівняння «збудженої» системи з еталонним станом; 5 – консолідована реакція-відповідь системи (адаптація).

Рис. 3. Принцип зворотного зв'язку в саморегульованій системі

Саморегуляція починається за надходження (5) «освоєної та опрацьованої» інформації від внутрішнього адаптаційно-генетичного апарата (регулятора Р) знову до «збудженої» системи (ЗС). Завдяки їй система здійснює корекцію власних структурних і функціональних властивостей відповідно до своєї первинної природи – первісного (еталонного стану – ЕС). Первісний стан є оптимальним – упродовж вікової еволюції оптимізованим варіантом будови й роботи системи.

Він найкраще відповідає певним усередненим умовам її існування за відсутності потужних стохастичних (стихійних) дій. Саморегуляція «гарантована» наявністю зворотного зв'язку (канал 3) між «збудженою» системою й адаптаційно-генетичним регулятором, через який від неї постійно надходить до цього регулятора інформація про її стан, роботу, динаміку, реакції на різноманітні зовнішні дестабілізаційні впливи^{159, 160}. На підставі цього адаптаційно-генетичний апарат може змінювати свої управлінські команди щодо цілісної системи.

У керованих людиною екосистемах, як в кібернетичних системах, значну частину регуляторних функцій беруть на себе фахівці, втручаючись у канал 5.

Приклад кібернетичної саморегуляції еволюційного процесу можна знайти в природних системах¹⁶¹, у якому загальний регуляційний механізм еволюції рослинної/тваринної популяції розглянутий, як складний віковий цикл з п'яти етапів.

1) Конкуренція завжди присутня усередині біогеоценозу. Дія біогеоценозу на популяцію реалізується шляхом прямої й непрямой елімінації її особин (вхідний канал зв'язку).

2) Постійно триває «порівняльна оцінка» варіантів, тобто фенотипів, за елімінації (зникнення) непристосованих особин і розмноження пристосованих. Спостерігаємо виживання окремих фенотипів усередині популяції (перетворення популяції, а отже, і її спадкової структури).

3) Відбувається запилення/спарювання і розмноження конкурентних особин, започатковується концентрування конкурентних генів у популяції (передавання і посилення прямої, тобто спадкової інформації).

4) Виникає індивідуальний розвиток за успадкованою програмою із прямою регуляцією. Реалізуються нові фенотипи (перетворення

¹⁵⁹ Von Bertalanffy L. General System Theory – A Critical Review. “General Systems”. Vol. VII. 1962. P. 1–20. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://macroevolution.narod.ru/bertalanfi.htm>.

¹⁶⁰ Wiener N. Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine. Paris, (Hermann & Cie) & Camb. Mass. (MIT Press). 2nd revised ed. 1961. https://uberty.org/wp-content/uploads/2015/07/Norbert_Wiener_Cybernetics.pdf.

¹⁶¹ Olsson L. From the “Modern Synthesis” to cybernetics: Ivan Ivanovich Schmalhausen (1884–1963) and his research program for a synthesis of evolutionary and developmental biology. *Journal of Experimental Zoology*. 2006. Vol. 153. P. 18. https://www.academia.edu/2431493/From_the_Modern_Synthesis_to_cybernetics_Ivan_Ivanovich_Schmalhausen.

спадкової інформації у зворотну, фенотипну).

5) Дія популяції на біогеоценоз відбувається шляхом захоплення життєвих засобів (вихідний канал зв'язку із середовищем, що несе інформацію про стан популяції через активну життєдіяльність її особин). Популяції конкурують усередині біогеоценозу, який здійснює внутрішній контроль (повертаємося до початкового етапу 1).

Описаний цикл підтверджує, що регуляція еволюційного процесу реалізується усередині системи популяції шляхом природної конкуренції варіантів (сигналів) на підставі їх порівняльної оцінки в біогеоценозі. Це означає наявність вхідного зв'язку із середовищем. Результат регуляції передається через сигнали спадкового коду статевих клітин, посилюється у процесі розмноження і перетворюється в сигнали зворотної інформації (фенотипи), що надходять у біогеоценоз по вихідному каналу зв'язку для контролю виконання (фенотипів).

Будь-який мінімальний зовнішній вплив, що «вимагає» додаткової активної дії, задає новий рівень функціонального стану, якщо лише резерв елементів не вичерпаний. Коли нова дія встановлюється на новому незмінному (стаціонарному) рівні, то і функціональний стан системи урівноважується на новому незмінному (стаціонарному) функціональному рівні.

Закриті системи існують у виразній ізольованості від навколишнього середовища і мають сталу поведінку протидії своїх елементів стосовно нього. Вони функціонують згідно другого закону термодинаміки й прямують до абсолютної невідповідності, адже через власну закритість не отримують від свого середовища існування ні нової енергії, ні речовини.

Закритість – це повна ізольованість системи від її зовнішнього середовища і жорстка детермінована поведінка (максимальна протидія) усіх елементів, що належать до неї.

Але поняття закритості відносне. За стабільного стану навколишнього середовища явище закритості залишається сталим. І можна навести багато прикладів закритих систем у теперішньому світі: інертні гази; молекули води й газоподібного азоту N_2 ; пилок рослин; цисти бактерій; спори грибів; яйця плазунів і птахів, які можуть відносно довго (залежно від своєї природи) залишатися закритими системами за збереження сталих параметрів середовища їхнього існування.

Відносність закритості проявляється тоді, коли, наприклад,

розщеплюється дуже стійкий газоподібний азот N_2 при каталітичних реакціях у специфічних умовах (мікроби діазотрофи та *Azospirillum*, хімічний метод Ф. Габера і К. Боша)¹⁶²; у яйцях птахів під дією сталої температури (40–42 °С) розвиваються зародки. Для виведення закритих систем із рівноваги довкілля, або надсистема має «втрутитися» у їхню структуру дією адекватної потужності, яка може бути у вигляді відповідної енергетичної чи речовинної ін'єкції. Наприклад, уламок льоду може скільки завгодно зберігатися у товщі антарктичного материкового льодяного панцира (температура якого ніколи не підвищується до рівня плавлення льоду +4 °С). Проте, в наш час, коли спостерігаємо глобальне потепління, прибережні краї антарктичного льодового щита нагріваються і відколюються в океан. За зміни зовнішніх температурних умов кришталева конструкція шматка льоду як замкнута система, отримує дотацію зовнішньої енергії для свого руйнування й утворення нової системи – рідини.

Взаємодія, як одна із форм взаємовідношень систем, поряд із протидією та конкуренцією, є в природі несвідомою і спонтанною (тварини, рослини, мікроорганізми тощо) і свідомою у стосунках між людьми та людськими соціумами.

Отже, системне розуміння спільної природи зовнішніх взаємодій дає змогу чітко розрізняти поняття антропосоціальної (свідомої) боротьби й природної (несвідомої) конкуренції. У іншому разі ми повинні називати жорстокою боротьбою поведінку молекул води зі шматочком металічного натрію, зануреного у неї.

Суть розвитку й саморозвитку, руйнування і зникнення системи. Розвиток наука трактує розвиток як саморух від простого до складного й нового, або зміни матеріальних та ідеальних систем, які означають виникнення нової якості. За діалектикою, розвиток – це єдність еволюцій і революцій (у природі – катастроф). Еволюційний і революційний прогрес у природі неминучий і всюдисущий. Але поєднання розвитку з катастрофічною складовою у соціумі, довкіллі й економіці – це небажане явище. Водночас пріоритетним є поняття еволюції як процесу поступового розвитку (на противагу революції – стрибкоподібного розвитку).

Розвиток, як загальнонаукове поняття, означає всеосяжний процес кількісних і якісних змін у матерії та свідомості.

¹⁶² Dynamics of forms of nutrient nitrogen in Greyic Luvic Phaeozem when regulating their resources with fertilizers and nitrapyrin when applied to winter barley / V. Shestak et al. *Journal of Elementology*. 2023. Vol. 28 (1). P. 41-58. DOI: 10.5601/jelem.2023.28.1.2352.

Розвиток, як зміни в системі – це кількісне її зростання, просторове переміщення чи розгортання, збільшення масштабів, збільшення складності, якісні зміни, прогрес або регрес, поліпшення пристосованості тощо.

Будь-який розвиток повинен мати джерело (зовнішні або внутрішні причини) і механізм розвитку. Як тривалий у часі процес, розвиток має певні щаблі (етапи, стадії, періоди), котрі загалом реалізуються життєвим циклом:

- 1) появу, виникнення нового, на початку прихованого в надрах старого, а потім явного;
- 2) відрізок інтенсивного кількісного зростання;
- 3) час якісного перетворення;
- 4) зріле функціонування;
- 5) настання регресивних змін;
- 6) розладнання системи та її зникнення.

Розвиток системи має початок і кінець, але загальний процес розвитку має спіралеподібну форму. Адже будь-яка система не щезає нікуди, а переходить у формі своїх колишніх елементів у нову систему. Розвиток – іманентне (внутрішньоприродне) явище, тому що кожній матеріальній системі властиві задатки до її кількісних і якісних змін.

Саморозвиток – це явище розгортання кількісних і якісних змін системи за рахунок внутрішніх власних ресурсів і властивостей, відповідно до власної природи. Він реалізується завдяки власним механізмам: 1) спрямування (націлення), 2) самоорганізація, 3) саморегуляція.

Старіння і кризи розглядають як закономірні відтинки розвитку системи, які формуються ще на попередніх його етапах.

Криза є ослабленням життєвих сил системи, її нездатністю далі зберігати стан рівноваги, досягати поставлених раніше цілей. Коли система стає недієздатною, вона зникає.

Окремі її підсистеми й елементи відхиляються від мети, вибирають свої цілі або живуть безцільно, спричиняючи безлад, втрачають роль природної опори для системи.

Екокриза має як локальні, так і глобальні ознаки. Повсюдно зруйновані природні ландшафти, знищена природна рослинність і тваринний світ, освоєні та подекуди виснажені родючі ґрунти, забруднені світовий океан, материкові води, повітря і харчові продукти. Можна було б це все якось виправдати, якби у світі панували добробут, ситість і процвітання, але маємо зворотний ефект. До

зубожіння, голоду, хвороб та агресивності додалися проблеми стрімкого погіршення якості довкілля і загальнопланетні аномальні коливання погоди, тенденція глобального потепління.

Стосовно соціальних систем Міжнародною комісією ООН із довкілля і розвитку був запропонований термін «сталий розвиток». Насправді це є категорія загальної теорії систем, яка стосується систем будь-якої природи.

Стійкість і нестійкість є двома сторонами процесу розвитку. Будь-який розвиток – це чергування і взаємодія стійкості й нестійкості. Чим вища та складніша мета, яка визначена для системи, тим імовірніше виникнення ситуацій її залежності від чинників довкілля. У такому разі система постійно переживає втрату поступовості, вона віддаляється від вихідної точки рівноваги, прагнучи знайти нову точку рівноваги.

Для суспільних явищ все-таки бажанішими є уникнення поєднання обох складових розвитку – еволюційної та революційної, із катастрофічною включно стосовно довкілля й економіки. Людству потрібна лише прогресотвірна еволюційна складова, безпечна екоеволюція. Саме екоеволюційні складові розвитку, а не пропагований і невизначений по суті сталий розвиток, мають бути суспільно підтриманими у середовищі життєдіяльності людини на Землі ¹⁶³. Оскільки розвиток є безповоротним, спрямованим закономірним переходом певної системи з одного стану в інший, що відрізняється від попереднього збільшеннями або зменшеннями деяких параметрів, то стійкий розвиток є результатом стійкості системи і стійкості її процесів у змінному довкіллі. При цьому стійкість системи поєднує її структурно-організаційну і функціональну стійкість.

Стійкість системи – здатність її повертатися у стан рівноваги, який є найсприятливішим для виконання системою функцій після дії на неї яких-небудь зовнішніх чинників.

Стійкість процесу – це властивість функції так використовувати зовнішні чинники впливу, що система повертається у своєму відхиленні від траєкторії на ту ж траєкторію.

Стійкість розвитку необхідно розглядати як послідовну прогнозовану, з високою мірою вірогідності, зміну станів системи, її здатність протидіяти несприятливим зовнішнім впливам.

¹⁶³ Пашенко В. М. Екоеволюція від сталого розвитку. *Супутник "Київського географічного щорічника"*. Вип. 5. 2005. 112 с.

Фінальним явищем у процесі розвитку є руйнування системи, зниження впорядкованості й організованості аж до виникнення хаосу – сутнісного безладу.

Хаос створює розкутість жорстких структур, отримання елементами системи більшої, можливо й максимальної свободи, що зрештою є головною умовою природного започаткування нової якості. Отже, хаос – це одночасно і стан, і процес.

Як стверджувала Д. Медоуз, якщо систему зруйновано дощенту, але рушійна сила, яка створила її, нікуди не зникла, то ця сила знову створить ще одну таку ж систему. Якщо в результаті революції уряд скинуто, але громадська думка і структури, що привели його до влади, залишилися колишніми, то історія неминуче повториться ¹⁶⁴. Керівники, які приймають рішення, мають справу не з окремими, незалежними одна від іншої проблеми, а з мінливою ситуацією, в якій складні поєднання проблем змінюються, взаємодіють і впливають одна на одну. Це і є безлад по суті.

Очільники, які приймають розумне рішення, не створюючи якісно нової та ефективнішої системи, не розв'язують проблеми, вони лише намагаються керувати безладом.

3.3. Агроекосистеми

Первинні й аграрні екосистеми, їх ієрархія. На відміну від природних екосистем, які є самоорганізованими й саморегульованими, функцію керування біотичними, а головне продукційними процесами у штучних агроекосистемах виконує людина ¹⁶⁵. Без її уваги вони деградують і зникають. Створення ефективних штучних екосистем потребує глибоких знань біотичних та аутоекологічних властивостей їхніх живих компонентів – субсистем нижчого рангу, їхніх вимог щодо головних чинників середовища – світла, вологи, родючості ґрунту, алелопатичних взаємовідношень, стійкості до шкідників і хвороб, агротехнічних способів догляду тощо. Шляхом формування й плекання штучних екосистем людина має ту корисну продукцію, якої

¹⁶⁴ Meadows, D. H. Thinking in Systems. 2008. <https://research.fit.edu/media/site-specific/researchfit.edu/coast-climate-adaptation-library/climate-communications/psychology-and-behavior/Meadows-2008.-Thinking-in-Systems.pdf>

¹⁶⁵ Гнатів П. С. Біологічний баланс поживних речовин в сівозміні. *Основні результати досліджень за 1976-1982 роки*. 1983. С. 6–12.

не може отримати від природних екосистем¹⁶⁶.

Уже 8 тис. років люди вирощують рослини та одомашнюють тварин, водночас систематично удосконалюючи механізми керування штучними екосистемами. За трипільної системи органічні рештки, як добриво, були вирішальним фактором керування агроценозами, тому перевагу надавав постійний зв'язок рільництва й тваринництва. Суспільний прогрес і підвищення продуктивності праці за період від середини ХІХ до кінця ХХ ст. дозволили підвищити середні врожаї пшениці, жита й картоплі в чотири рази¹⁶⁷. Натомість частка зайнятих в аграрному виробництві зменшилася від 40 до 5 % працездатних¹⁶⁸.

Виникнувши як первісні елементарні соціоекосистеми – перші стійбища прадавніх людей, поселення, згодом, хутори й села, еволюційно формувалися як самодостатні в соціально-економічному плані сімейні, родинні або племінні територіальні утворення. Вони могли доволі тривалий період самостійно існувати завдяки використанню невичерпних біотичних ресурсів природних екосистем, гідро- й вітроенергетичного потенціалу ландшафтів тощо.

За збільшення чисельності населення швидко зростала нестача натуральних харчових продуктів. Тому почалася трансформація нативних екосистем, що супроводжувалася нищенням річкових заплавлених лук, згодом степів, лісів, розорюванням решти придатних земель. Це спричинило створення і збільшення площ штучних аграрних екосистем. За збільшення продуктивності праці й матеріальних потреб історично сільські геосоціосистеми розросталися територіально й за населенням. Дотепер у Світі 10–12 % суходолу – це агроекосистеми. В Україні рільні (польові) агроекосистеми займають приблизно 53 % земельних ресурсів¹⁶⁹.

Найпростішою автотрофною агроекосистемою є найменша суцільна ділянка суходолу, яку людина займає культивованими видами рослин і сукупно опікується ними. Кожна окрема культивована

¹⁶⁶ Гнатів П. С. Динаміка ландшафтних екосистем та еволюція соціуму Південно-Західного Поділля упродовж голоцену. *Біоресурси і природокористування*. 2015. Том 7. № 34. С. 49–57.

¹⁶⁷ The role of nutrients in the formation of yield and grain quality of winter wheat (Роль елементів живлення у формуванні врожайності та якості зерна пшениці озимої) / V. Lykhochvor et al. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2022. Vol 28. No 1. P. 103–109. <https://www.agrojournal.org/28/01-14.pdf>.

¹⁶⁸ Гнатів П. С. Хірівський П. Р. Теорія систем і системний аналіз в екології. Львів : В-во Камула, 2010. 204 с.

¹⁶⁹ Природні ресурси України / П. С. Гнатів та ін. Львів : Камула, 2012. 216 с.

особина є унікальною (неповторною, що важливо у сфері селекції сортів) елементарною консорційною екосистемою. У культурі закритого ґрунту окремі рослини можуть бути об'єктом індивідуального піклування.

Агроекосистема (агробіогеоценоз) – це створена людиною на обмеженій території аграрна екосистема, базовими структурно-функціональними компонентами якої є окультурений ґрунтовий блок (едафотоп) первинної екосистеми, штучний одно- або багатокомпонентний фітоценоз, супутніми – природні зоо- та мікробні комплекси, а також атмосфера (з відповідними кліматичними ресурсами ландшафту).

Агроекосистема вищого рангу – це сукупність полів, об'єднана у сівозміну з певним набором культур, які регулярно змінюють одна одну в просторі й часі. Об'єднання сівозмін, притаманне певному типу аграрного підприємства, що займає визначену територію сукупно з іншими штучними (сади, лісосмуги, ставки тощо) чи природними (луки, ліси, ріки й озера) екосистемами, представляє ландшафтну чи іншу територіальну агроекосистему.

Найвищий рівень організації агроекосистем – ландшафтний (рис. 4). За узагальненим визначенням, територіальна аграрна (хутірська, фермерська) ландшафтна екосистема – це функціональна сукупність природних та антропохорних (здебільшого культурних) живих компонентів (окрім власне людини), освоєних для агрокультури ґрунтів, які перебувають у підтримуваній людиною речовинно-енергетичній взаємозалежності, а також неживих природних і штучних (технічних споруд, комунікацій і помешкань) елементів ландшафту у навколишньому природному середовищі.

Умовою створення ефективної агроекосистеми є утримання стійких та керованих агробіоценозів. Агробіоценоз – це сукупність штучного фітоценозу (агрофітоценозу) й гетеротрофної біоти на більш чи менш вдало виокремленій в одне поле за однорідністю ґрунту ділянці землі. Створюють агробіоценоз для вирощування рослинних харчових продуктів, кормів і сировини. Агробіоценози мають відмінні від природних екосистем структурні й речовинно-енергетичні особливості та специфічні функціональні риси. Агробіоценоз може мати природний або трансформований екотоп, але завжди штучно створений і підтримуваний фітоценоз культурних рослин. Продуктивність і господарський урожай його завжди залежить від вдалого припасування генофонду культурного сорту і тієї частини

генопласту природних живих компонентів, яку не можливо або не бажано знищити і яка залишилася від первинної чи сусідніх екосистем. Наприклад, це – птахи-комахоїди, комахи-запилювачі, дикі оси, консументи рослинного відпаду, ґрунтова мікробіота-редуценти, що є вельми корисними¹⁷⁰.



Примітка: рисових агрорегіонів у різних фазах розвитку основної системотвірної культури (А – о. Балі, Індонезія); лісо-аграрних регіонів Пенсільванії з поєднанням польових, кормових, лісових і тваринницьких агроекосистем (Б – США).

Рис. 4. Ландшафтні екосистеми

Послаблення антропорегуляції агробіоценозу одразу зумовлює активізацію кібернетичних механізмів, спрямованих на відтворення корінних екосистем. Ефективність унесеної в нього антропогенної

¹⁷⁰ A systemic approach for modeling soil functions / H.-J. Vogel et al. SOIL, 2018. 4, 83–92, doi.org/10.5194/soil-4-83-2018.

енергії залежить від знання й розумного використання структурно-функціональних механізмів, які забезпечують максимальне продукування автотрофним блоком потрібних речовин та інгібування шкідливих консументів інших трофічних блоків.

У зв'язку з вилученням частини біотичної продукції разом із мінеральними речовинами біотичного колообігу агробіоценози потребують компенсації речовинно-енергетичних утрат для підтримання родючості ґрунту^{171, 172}.

Агрофітоценоз – це штучно створене угруповання культурних рослин одного чи кількох видів (сортів) у сукупності з супутніми угрупованнями сегетальних бур'янів, які присутні в ґрунтового банку насіння й вегетативних зачатків.

Агрофітоценозами є однорічні посіви культур, сіяні багаторічні трави на сіно й випас (табл. 1), багаторічні насадження (виноградники, хмільники, сади, полезахисні лісосмуги тощо). Агрофітоценози є дуже нестабільними угрупованнями, домінування культурних рослин у якому забезпечує й підтримує людина в економічно доцільних часових рамках.

Таблиця 1

Класифікація автотрофних агроєкосистем

Клас екосистеми	Вид (культура)
Лучні	Природні чи штучні травостої
Польові	Пшениця, ячмінь, картопля тощо
Городні	Овочеві, баштанні, зеленні тощо
Плантаційні	Виноградник, хмільник тощо
Садові	Яблуня, черешня, фундук тощо
Закритого ґрунту	Культури закритого ґрунту (теплиця томатів, оранжерея бананів тощо)

За своєю суттю трансформація природних екосистем в аграрні зумовлює докорінну перебудову їхньої морфологічної структури й зміну функціональних ознак біоценозів. Агробіогеоценози є відносно простими екосистемами, створеними й керованими людиною для спрямування потоку фізіологічно активної радіації на максимальне

¹⁷¹ Effects of lime and fertiliser on productivity of Albic Retisols / V. Polovyy et al. *International Journal of Environmental Studies*. Published online. 2023 Published online: 13 Mar 2023. doi.org/10.1080/00207233.2023.2179755.

¹⁷² Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Мінеральні добрива та їх застосування. 2-ге вид., доп. і випр. Львів : Українські технології, 2012. 324 с.

акумулявання сонячної енергії у вигляді органічної продукції, придатної для споживчих (харчових, кормових, сировинно-технічних) і ґрунтотвірних потреб.

Перша основна відмінність їх від корінних екосистем полягає у тому, що крім енергії сонця сучасні індустріальні агроекосистеми додатково отримують сторонню енергію машинного палива, органічних і мінеральних добрив, насіння, м'язів людини й робочих тварин тощо. Друга – у тому, що найголовніша функція екосистем – біопродукційний процес в агробіогеоценозах скерований і підтриманий людиною так, щоб не лише отримати, а й вилучити з них максимум цінної в господарському розумінні біомаси¹⁷³. Тому інші функції екосистеми зазнають значних, хоч і небажаних для власне людини, змін. Зокрема з вилученням значної частини біомаси адекватно змінюється енергоакумуляційна функція, ослаблюються водорегуляційна і ґрунтотвірна (інколи втрачається, з'являється ґрунторуйнівна), зникає саморегуляційна (самоорганізаційна) функція.

Біотичні потенціали рослин і тварин, як основа продукційної спроможності біогеоценозів і визначальні чинники їх продукційної функції, в агробіогеоценозах є докорінно зміненими. Під продукційною спроможністю розуміємо сукупність речовинно-енергетичних ресурсів і властивостей корінних для певної місцевості (нативних) екосистеми, які забезпечують її максимально можливі й самодостатні структурно-функціональні параметри (енергетичні, організаційні, біогеохімічні, водотрансформаційні, середовищні).

Потенціал таких систем є максимальним обсягом корисних для самої системи функцій (захисних, продукційних, рекреаційних, естетичних тощо), але не для потреб людини. Тому люди трансформують природні екосистеми у тому напрямку, який дає найбільшу користь з погляду корисної для нас продукції й супутніх функцій.

Вторинний потенціал штучної агроекосистеми – це сукупність її речовинно-енергетичних ресурсів і властивостей, сформованих під впливом господарського втручання, за якого формуються її поточні структурно-функціональні параметри й максимально корисні функції.

Повне використання людиною потенціалу екосистеми є

¹⁷³ Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур. 5-те вид., виправ., доповн. Львів : Українські технології, 2020. 806 с.

переважно недосяжним і бажаним, бо означатиме повне знищення екосистеми.

Залежно від напрямку формування вторинного потенціалу в агроекосистемі – спеціалізації поля (чи сівозміни), агрофітоценоз як компонент агробіогеоценозу, формується з однієї, двох, рідше трьох культур, що функціонують як автотрофний енергоаккумуляційний блок. Якщо активність останнього максимально підтримує людина (розпушування ґрунту, добрива, зрошення тощо ¹⁷⁴, то діяльність гетеротрофного блоку в агробіогеоценозах вона обмежує настільки, наскільки це можливо (застосування пестицидів тощо). Поряд з цим морфологічна структура аграрних фітоценозів обмежена присутністю тільки культурних рослин певних сортів шляхом виключення (механічно, хімічно) сторонніх компонентів, що присутні тут від первинних екосистем, або стали новим «надбанням» агроекосистем (сегетальна чи адвентивна флора – рис. 5).



Рис. 5. Структурно-функціональна схема агроекосистеми з вирощування польових культур за інтенсивною технологією

¹⁷⁴ Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Мінеральні добрива та їх застосування. 2-ге вид., доп. і випр. Львів : Українські технології, 2012. 324 с.

Максимальне сприяння продукційній функції автотрофного блоку здійснюється різноманітними агротехнічними заходами, котрі надають екосистемі енергетичну «підтримку» в вигляді додаткових калорій. Ці затрати мають свій економічний еквівалент, який потрібно порівнювати із ціною приросту тієї корисної продукції, котру можна вилучити з екосистеми. Для цього існують так звані: 1) межа економічної доцільності (собівартості) прибавки урожаю та 2) економічний поріг шкідливості хвороб, бур'янів, шкідників тощо. В теперішню добу людські можливості нарощування цим шляхом вторинного екопотенціалу агроекосистем є обмеженими, оскільки лише дворазове збільшення сучасного сільськогосподарського виробництва потребує десятиразового нарощування енергозатрат.

З іншого боку вилучення з екосистеми 50–70 % органічної маси з акумульованою у ній енергією у вигляді врожаю культур зумовлює не лише безповоротну втрату цієї енергії для власне системи. Відбувається розбалансування речовинно-енергетичного потоку через гетеротрофний і сапротрофний блоки, що більш важливо не для них (оскільки вони є теж істотно zdeформовані), скільки для продукування і накопичення ґрунтового гумусу ¹⁷⁵ (див. рис. 2).

Багаторічне ведення рільництва в Україні за ігнорування дисбалансу гумусу призвело до втрати 0,5–1 % його вмісту в ґрунтах різних регіонів ¹⁷⁶. Величезна шкода ґрунтовому покриву Землі зумовлена ерозійними процесами. Загалом 63 % всіх аграрних земель планети уражені ерозією.

Висновки

Для ефективного керування інноваційними важелями поліпшення продукційних функцій агросистем та збереження довкілля для сталого розвитку потрібен системний методологічний підхід до глибшого розуміння їхньої природи. Системне бачення проблеми розкриває наука агроекосистемологія, яка потребує свого визначення, а її об'єкт, предмет і завдання слід окреслити.

У добу масштабного освоєння продуктивних ландшафтів на Землі сьогодні визріла нагальна потреба узагальнення досвіду й удосконалення способів екобезпечного природокористування, яке сформувалося на традиційних принципах виснажливої експлуатації

¹⁷⁵ A systemic approach for modeling soil functions / H.-J. Vogel et al. SOIL, 2018. 4, 83–92, doi.org/10.5194/soil-4-83-2018.

¹⁷⁶ Системи удобрення сільськогосподарських культур у землеробстві початку XXI століття : монографія / за ред. С. А. Балюка і М. М. Мірошніченка. Київ : Альфа-стевія, 2016. 400 с.

потенціалу природних суходольних екосистем. Походження, структуру й функції, способи оптимізації, взаємовідношення внутрішнього та зовнішнього середовища штучних і напівштучних продукційних екосистем має досліджувати наука агроекосистемологія, як продовження агроекології.

Мета агроекосистемології – розробляти екобезпечні способи освоєння, алгоритми функціонування природних і конструювання стійких штучних агроекосистем, що продукують якісну і чисту від ксенобіотиків та інших забруднень харчову й технічну сировину, не впливають негативно на дотичні екосистеми, людину і біогеосферу загалом.

За нашим визначенням об'єктом дослідження агроекосистемології є рукотворні та напівштучні продукційні екосистеми, новостворені або природні, частково перетворені людиною на суходолі, які є джерелом харчових продуктів і технічної сировини.

Предмет вивчення агроекосистемології – природні й антропогенні чинники й закономірності утворення, перетворення, стабільності структур, безпеки й ефективності продукційного функціонування аграрних екосистем, їхні взаємовідношення із природним і техногенним середовищем, ієрархія та класифікація.

З головних фундаментальних і прикладних завдань агроекосистемології виокремимо такі:

- розроблення принципів конструювання стійких агроекосистем (обґрунтування функціональної структури, аналіз ефективності харчових ланцюгів, підвищення замкнутості потоків корисних речовини, збереження біорізноманіття¹⁷⁷;

- підвищення в рослинництві ефективності використання культурними видами ресурсів клімату і ґрунту: визначення складу вирощуваних культур (включаючи проміжні й сидеральні), конструювання полікультур і сортосумішей, екологізація рослинницьких технологій;

- конструювання у рільництві й агрохімії збалансованих сівозмін, екологізація системи обробітку ґрунту та внесення добрив (мінеральних і органічних), активізація біопотенціалу (живого населення ґрунту, що підтримує його родючість);

- екологічна класифікація ґрунтів для визначення можливості й

¹⁷⁷ Гнатів П. С. Динаміка біотичної різноманітності та сучасні загрози довкіллю: Україна і світовий досвід. *Наукові праці ЛАНУ*. Львів : РВВ НЛТУ України, 2008. Вип. 6. С.125–128.

способів їх використання;

- у землевпорядкуванні екологічна оптимізація просторової структури агроєкосистем (розміщення сівозмін, посівів багаторічних трав, тваринницьких ферм, інфраструктури й ін.);

- у зоотехнії та кормовиробництві обґрунтування величини й структури популяцій свійських тварин, супутніх мікробних і паразитних організмів, оптимізація кормових раціонів для підвищення ефективності відгодівлі, розроблення «зелених конвеєрів» (підбір кормових культур для безперебійного надходження зеленої маси в вегетаційний період) тощо;

- оцінка актуальної й потенційної продуктивності різних типів природних кормових угідь та розроблення способів підвищення їх продуктивності;

- у сфері селекції (з генетикою і біотехнологією) підвищення ступеня адаптації культурних рослин і сільськогосподарських тварин, підвищення ефективності відгодівлі;

- створення екобезпечної рільничої техніки, в першу чергу для зниження витрати пального та зменшення тиску на ґрунт;

- підвищення економічної ефективності агровиробництва за найповнішого використання технологічних інновацій, ресурсів клімату і ґрунтів, з урахуванням кон'юнктури ринку і вимог до чистоти продукції та охорони природи;

- розроблення законодавчих актів, що регламентують невиснажливе використання ресурсів ґрунтів, вод, біорізноманіття, виробництво й реалізацію органічної та іншої екобезпечної продукції.

Алгоритм прикладного аналізу агроєкосистем. Висока якість і бажана кількість аграрної продукції підтримується впровадженням екобезпечних технологій виробництва. Основою і запорукою отримання доброякісних харчових продуктів є вміле конструювання ефективних агроєкосистем у чистому від забруднень довкіллі. Системний аналіз культурних (штучних) біогеоценозів у рослинництві та тваринницьких комплексів дає змогу моделювати варіанти розв'язання цих проблем ¹⁷⁸.

Системний аналіз в агроекології – це методологія дослідження будови та функцій напівштучних і штучних продукційних екосистем з метою з'ясування споживчої якості й безпеки вирощеної продукції,

¹⁷⁸ Гнатів П. С. Хірівський П. Р. Теорія систем і системний аналіз в екології. Львів : В-во Камула, 2010. 204 с.

безпеки сучасних інновацій в агротехнологіях для людини та природного довкілля.

Системний аналіз автотрофних штучних екосистем залежно від мети здійснюють на конкретних ієрархічних рівнях їх організації: консорційному (культурна рослина або поєднання кількох видів чи сортів), біогеоценозному (окреме поле сівозміни), сівозміни (система агробіогеоценозів), цілого (індивідуальне, коопераційне тощо) господарства, агроландшафту (самоврядної – сільської, районної, обласної громади), фізико-географічної області (провінції – Північно-Західна Придніпровська височина тощо), чи зони (Лісостепова й ін.).

Наведемо приклад алгоритму аналізу агроекосистеми на рівні агробіогеоценозу – польової екосистеми картоплі, розуміючи, що видів таких екосистем є стільки, скільки відомо видів польових і кормових культур (в Україні понад 120) ¹⁷⁹.

Перший етап агроекологічного аналізу систем – з'ясування її функціонального ядра – автотрофної консорції. У нашому прикладі це буде певний сорт картоплі, садивний матеріал якої – бульби, вже містять облігатні й факультативні консорти першого порядку (гриб фітофтору, комаху колорадського жука тощо). На цьому етапі ми можемо уперше ідентифікувати наявність пестицидів, як засобів оброблення садивного матеріалу.

Другий етап аналізу – з'ясування основних системотвірних біотичних елементів, просторової організації агрофітоценозу, зооценозу і мікробоценозу, їх ієрархії. Наприклад, за розгляду екосистеми картоплі слід додатково встановити, які організми є консортами першого концентру, другого і т. д., оскільки це хвороби й шкідники, які населяють ґрунт. Також встановлюємо, які рослинні асоціації (переважно бур'яни) присутні в її структурі, яка роль мікробоценозу. В екосистемі бобових культур об'єктами особливої уваги є симбіотичні азотфіксатори як унікальні організми, що розривають надмісний хімічний зв'язок інертного газоподібного азоту й включають його у біотичний колообіг.

Третій етап дає відповідь на питання, які абіотичні екофактори є вирішальними чи лімітними в існуванні екосистеми. Це – ґрунтова відміна, режим вологи, теплові й світлові ресурси атмосфери. Лімітними чинниками поширення картоплі у зонах рослинництва є

¹⁷⁹ Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур. 5-те вид., виправ., доповн. Львів : Українські технології, 2020. 806 с.

вологість клімату й ґрунту, температура і тривалість теплого періоду.

Четвертий етап – дослідження функціонування екосистеми, вагомості й ієрархії внутрішніх та зовнішніх зв'язків (з'ясування особливостей малого біотичного циклу елементів живлення, шкодочинності популяцій небажаних організмів).

П'ятим етапом є з'ясування оптимальних внутрішніх умов функціонування (співвідношення ресурсів поживних речовин, вологи, світла і тепла в екосистемі), доцільності чи ефективності внесених у неї добрив, пестицидів, правильності й екобезпеки способів агротехніки й інших регуляторних засобів¹⁸⁰.

Шостий етап може мати за мету уточнення оптимальної продукувальної динаміки, що відповідає меті реалізації найбільшого продукційного потенціалу системи – врожаю бульб.

Сьомий етап відкриває можливості оцінювати наслідки конструктивного (позитивного чи негативного) зовнішнього впливу, з'ясувати результат дії системи за показниками якості й чистоти агропродукції (споживча якість і вміст залишків агрохімікатів, ксенобіотиків тощо). Водночас можна з'ясувати порогові значення регуляторних чинників стосовно зовнішніх впливів агробіогеоценозу на його довкілля або системи наступних ієрархічних рівнів (змивання нітратів тощо).

Восьмий етап передбачає можливість теоретично моделювати ідеальну екосистему (описом чи складанням технологічної карти) й експериментувати надалі для її реалізації у вигляді ідеального картопляного поля та впровадження в системи вищого рівня. Тут слід наголосити, що отримання, наприклад, органічної продукції рослинництва, городництва, садівництва й виноградарства потребує експериментування з вивчення синергії біотичних, абіотичних та антропогенних факторів і її прикінцевий вплив на економічну ефективність органічного господарства.

Експериментування з інноваційними технологічними заходами та екочинниками – це фактично експериментальна агроекологія, що зародилася у надрах рільництва, до тепер не є відокремленою наукою, але у зв'язці з експериментальною агрономією набуває актуальності.

Дещо дистанціюючись від надмети агрономії дати максимальну продуктивність культури за високої якості продукції

¹⁸⁰ Stoichiometry of arable black soil on the Ukrainian Western Forest Steppe / P. Hnativ et al. *International Journal of Environmental Studies*, 06 Mar 2024. 2024. P. 1–14. doi.org/10.1080/00207233.2024.2314869.

експериментальна агроекологія має екоцентричну мету: обґрунтувати технологію отримання прийнятного врожаю якісної (органічної) продукції за умови збереження природного балансу у довкіллі й перманентного відновлення властивостей його компонентів (родючості ґрунтів, чистоти вод, повітря, збереження біорізноманіття¹⁸¹ тощо).

Агрономи – практики й науковці, здійснюють глибший і детальніший системний аналіз агробіогеоценозу, як і наступних рівнів агроекосистем, для інноваційного удосконалення технології вирощування, як наведеному на прикладі, картоплі чи інших культур. Проте, агроекосистемологічний аналіз будь-якої технології чи системи тепер стає неодмінною процедурою, що передуює впровадженню сучасних технологій та окремих інновацій, безпечних для природного довкілля, а вирощеної продукції чи сировини – для людей.

Системний аналіз агротехнологій та проблем підвищення результативності продукційного процесу і заходів збереження родючості ґрунтів буде поглиблюватися й розвиватися у багатьох аспектах. З огляду на сучасну тенденцію освоєння агровиробниками елементів прецизійного рільництва, диджиталізації технічних засобів внесення добрив та агрохімікатів, посівних агрегатів, системна складність технологій зростатиме. Триватиме розширення можливостей аеро- та космічного сканування агробіоценозів для оцінювання фізіологічного стану культур, оцінювання живлення і прогнозу врожаю, а також показників стану ґрунтів у діапазоні їхньої фаціальної строкатості. Перманентна цифровізація та всебічна інформатизація новітніх агротехнологій у рільництві потребує універсального системного підходу і підготовки сучасних фахівців.

¹⁸¹ Гнатів П. С. Динаміка біотичної різноманітності та сучасні загрози довкіллю: Україна і світовий досвід. *Наукові праці ЛАНУ*. Львів : РВВ НЛТУ України, 2008. Вип. 6. С. 125–128.

ЧАСТИНА 4

ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ЗА ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ РІЗНИХ ГРУП СТИГЛОСТІ

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) – рослина, що належить до родини пасльонових, є однією з найважливіших продовольчих, технічних і кормових культур, є однією з найбільш поширених сільськогосподарських культур. Картопля це однорічна, як сільськогосподарська культура та багаторічна, в дикому стані, трав'яниста рослина¹⁸².

Залежить від факторів, процес формування врожаю бульб картоплі умовно поділяють на дві групи:

– перша, це ті, які можливо регулювати та так звані «нерегульовані», а тому потрібно чітко вирізнити, як окремі компоненти, біологічні та екологічні основи формування урожайності культури картоплі. До першої групи належать такі біотичні чинники, як: група стиглості сорту, якість насінневого матеріалу та його фізіологічний стан, удобрення, як один з основних факторів формування урожайності, ґрунтові відміни та склад ґрунтів, густота посадки або площа живлення, стійкість сорту, що вирощується до ураження шкідниками й хворобами, забезпечення вологою та світлом за вегетаційний період і т. і. Фактори другої групи, тобто абіотичні – це ті, які не регулюються, можна віднести зовнішні умови, що складаються з температури повітря і ґрунтів, інтенсивності сонячного світла та величини його сприймання рослинами картоплі, вологість повітря у різні періоди доби^{183, 184}.

Картопля – культура, вимоглива до елементів живлення. Одержання високого й якісного врожаю, незалежно від ґрунтово-кліматичних умов та зони вирощування, спонукає до внесення добрив під цю культуру і є необхідною умовою. Від сорту і фону живлення залежить ріст і розвиток рослин, причому останній, дуже впливає на

¹⁸² Бондарчук А. А. Перспективи розвитку картоплярства в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 4. С. 21–23.

¹⁸³ Власенко М. Ю. Удобрення картоплі. Картопля – другий хліб. 1996. Вип. 2. С. 110–120.

¹⁸⁴ Ворона Л. І., Ткачук В. П., Журавльова С. В. Енергетична оцінка вирощування картоплі на Поліссі. Матеріали наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів «Розробка та впровадження енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур». Чабани, 25–27 листопада 2009 р. Київ. 2009. С. 65–66.

насіннєві, продовольчі та якісні показники бульб, залежно від своєї величини й оптимального поєднання всіх необхідних компонентів.

Значна кількість елементів живлення потрібна для формування врожайності картоплі. Наявність доступних речовин живлення у ґрунті, а також сорт, метеорологічні умови, площа живлення формують дану потребу¹⁸⁵.

Вважається, що до 50 % приросту врожайності належить такому чиннику, як добрива¹⁸⁶, а ефективне використання добрив, як компонента технології вирощування картоплі, є актуальним завжди¹⁸⁷.

За оптимального або близького до нього забезпечення іншими елементами необхідна інтенсивність споживання азоту до 3,7 кг/га за добу, що дасть змогу досягти приросту вегетативної маси та бульб картоплі до 750 кг/га за добу. Дуже важко досягти такого рівня азотного живлення за одноразового внесення, тому практикують застосування дрібного внесення в дозі 10–15 кг/га діючої речовини на початку бульбоутворення¹⁸⁸.

Фосфор, як ще один з основних елементів живлення, відіграє важливу роль в усіх процесах обміну в організмі рослин картоплі. Його вплив поліпшує якість і лежкість бульб, підвищує посухостійкість та стійкість рослин і бульб проти хвороб, збільшує вихід насіннєвих та товарних бульб, підвищує стійкість до механічних пошкоджень. Винятково важливе місце у живленні картоплі займає калій. Посилення вологоутримуючої здатності протоплазми дозволяє рослинам менше потерпати від посухи¹⁸⁹.

Для підвищення стійкості м'якоті проти потемніння, як сирих очищених, так і зварених бульб, позитивного значення набуває процес накопичення вмісту калію у бульбах, який проходить завдяки внесеним калійним добривам. Накопичення 100 ц врожаю бульб може пройти за споживання мінерального фосфору рослинами картоплі від

¹⁸⁵ Промислова технологія виробництва картоплі в Україні / Демидів О. А. та ін. 2010. 21 с.

¹⁸⁶ Макачук И. Н. Влияние разных доз и форм азотных и фосфорных удобрений на урожай и качество картофеля в условиях орошения на юге Украины : автореф. дис. кан. с.-х. наук. : спец. 06.00.09 «Рослинництво». Херсон. 1991. 23 с.

¹⁸⁷ Вишневецька О. В. Продуктивність картоплі та родючість легкого дерново-підзолистого ґрунту при застосуванні різних рівнів удобрення. Картоплярство, Вип 40, 2011. 184–192 с. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/karto_2011_40_21. (дата звернення: 20.07. 2021).

¹⁸⁸ Ворона Л. І., Коник Г. М., Ткачук В. П. Енергетична оцінка застосування різних способів обробітку дерново-середньопідзолистого ґрунту та систем удобрення під картоплю. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2008. № 1. С 16–18.

¹⁸⁹ Теслюк П. С. Вимоги картоплі до умов вирощування. Картопля – другий хліб. 2020. Т. 1. С. 74–81.

18,0 до 20,5 і калію – від 47,5 до 62,9 кг залежно від їх поєднання у дозі добрив ¹⁹⁰.

Мінеральні добрива впливають на біометричні параметри рослини, а саме: площу листової поверхні та її фотосинтетичну діяльність; розгалуженість, куцистість та висоту стебел ¹⁹¹; урожайність та його якісні компоненти ¹⁹²; вміст нітратів у бульбах картоплі та стійкість до ураженості хворобами й шкідниками ¹⁹³ й т. і.

Одержання високої врожайності картоплі з високими якісними показниками бульб можливе лише за наявності необхідної кількості азоту, фосфору, калію, кальцію й таких елементів, як магній, залізо, бор, сірка, марганець. Відповідно, нестача цих елементів на перших періодах росту порушує обмін речовин, тому найбільшу потребу в поживних речовинах, картопля має за відношенням до NPK. Норма внесення мінеральних добрив повинна забезпечити достатнє живлення рослин картоплі впродовж усього вегетаційного періоду ^{194, 195}.

Дози та рівномірність внесення мікроелементів мають важливе значення за вирощування сільськогосподарських культур. Ефективність та безпечність застосування мікроелементів можливе лише з урахуванням вмісту відповідних їх рухомих форм у ґрунті. Мідь, цинк та інші мікроелементи належать до важких металів і збільшення їх вмісту у ґрунті повинно бути помірним і не перевищувати допустимих значень для повноти засвоєння культурами ^{196, 197}.

Позакореневі підживлення є одним з ефективних способів забезпечення мікроелементами рослин, оскільки вони можуть

¹⁹⁰ Ревунова Л. Г. Вплив різних видів добрив у поєднанні з регуляторами росту на продуктивність нових сортів картоплі в умовах Полісся України. Всеукр. наук.-практ. конф. присвяч. 125-річчю від дня народження академ. В. Я. Юр'єва : *Сучасний стан та перспективи розвитку насінництва в Україні* (Харків, 19-20 жовт. 2004 р.). 2004. С. 74–75.

¹⁹¹ Ревунова Л. Г. Продуктивність нових сортів картоплі в умовах Полісся України залежно від комплексного застосування різних видів добрив. Наук. практ. конф. мол. вчен. і спец. : *“Агропромислове виробництво України – стан та перспективи розвитку”* (Кіровоград, 7–9 черв. 2006 р.). 2006. Вип. 3. С. 36–39.

¹⁹² Руденко Г. С. Вміст азотистих речовин у бульбах картоплі залежно від удобрення та біологічних особливостей сортів. *Картоплярство*. 1999. Вип. 29. С. 105–114.

¹⁹³ Картопля – другий хліб. *Науково – популярний альманах для селян у трьох випусках*. 1995. Вип. 2. 143 с.

¹⁹⁴ Бугаєва І. П., Сніговий В. С. Культура картоплі на півдні України. 2002. 76 с.

¹⁹⁵ Власенко М. Ю., Києнко З. Б., Петренко С. Д. Шляхи підвищення ефективності невисоких норм мінеральних добрив. *Картоплярство України*. 2007. № 3/4 (8/9). С. 38–45.

¹⁹⁶ Господаренко Г. М. Симбіотична азотифікація та врожай / за заг. ред. Г. М. Господаренко. 2018. 189 с.

¹⁹⁷ Господаренко Г. М. Удобрення садових культур. 2017. 337 с.

засвоюватись рослинами через листки. Підживлення проводять у період, коли рослини їх найбільш потребують. Іноді ставиться під сумнів позитивна дія малих доз мікроелементів, порівняно з макроелементами.

Мікроелементи краще застосовувати в рухомій біологічно активній формі у вигляді хелаті, а не у вигляді неорганічних солей, бо останні доступні для рослин лише на кислих ґрунтах (до рН 6). У ґрунтах, з реакцією близькою до нейтральної, карбонатних і лужних, доступність мікроелементів із солей наближається до нуля. Отже, невід'ємною складовою системою удобрення має бути диференційоване використання мікродобрих¹⁹⁸.

Для отримання високої урожайності з повноцінними якісними показниками сільськогосподарських культур необхідно враховувати їх вимоги до живильного середовища за мікроелементним складом. Рослини потребують основних мікроелементів упродовж всього вегетаційного періоду. За даними ФАО, винесення мікроелементів основною продукцією картоплярства становить: В – 6,2 г/т, Cu – 5,6, Fe – 41,0, Mn – 8,0, Mo – 0,15 та Zn – 16,0 г/т. При цьому, слід зазначити, що деякі з мікроелементів не реутилізуються, тобто не пересуваються зі старих органів в молодші, що розвиваються і ростуть¹⁹⁹.

Недостача мікроелементів у живленні рослин призводить до їх захворювання та відповідно, зниження продуктивності. Однак, трапляються випадки менш різкої нестачі мікроелементів, а тому, в таких випадках рослини хоч і не проявляють ознак захворювання, все одно погано розвиваються і дають низькі врожаї з недостатньо якісними показниками^{200, 201}.

Мікродобрива – це добрива до складу яких входять мікроелементи, тобто речовини, що є необхідними рослинам в невеликій кількості. Фізіологічне значення для рослин основних елементів живлення – вуглецю, кисню, водню, азоту, фосфору,

¹⁹⁸ Головка Г. М., Маслак О. М. Підвищення ефективності використання земель сільськогосподарського призначення. *Вісник Сумського національного аграрного ун-ту. Сер. «Економіка і менеджмент»*. 2012. Вип. 3(51). С. 33–35.

¹⁹⁹ Бурлакова І. Є. Вплив мінеральних добрив у різних дозах на врожай і якість картоплі. *Картоплярство*. 1976. Вип. 7. С. 71–75.

²⁰⁰ Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. 2002. 800 с.

²⁰¹ Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і Західного регіону України / за ред. М. В. Зубець та ін. 2004. 108 с.

кальцію, сірки, натрію та інших є важливим, як і значення самих мікроелементів ²⁰².

У формуванні потенційної врожайності мікроелементи беруть безпосередню участь, визначають його якість і величину впливаючи на: синтез ферментів, які дозволяють інтенсивніше використовувати сонячну енергію, воду та елементи живлення; підсилюючи відновлення активності тканин, знижуючи захворюваність рослин; підвищуючи імунітет рослин, бо недостача мікроелементів в рослинах суттєво впливає на стан фізіологічної депресії й загальної схильності до хвороб; прискорюючи окремі біохімічні реакції, тому що, сумісний вплив мікроелементів значно підсилює їх каталітичні властивості; в підсумку сприяючи значному підвищенню якісних показників вирощеної продукції, бо в окремих випадках, лише композиції мікроелементів можуть відновити нормальний розвиток рослин ²⁰³.

За недостачі або ж надлишку мікроелементів можливе істотне порушення обміну речовин, зменшення продуктивності рослин, виникнення різного роду захворювань та т. і. ²⁰⁴.

Мікродобрива набули значної ролі в процесах, що проходять в рослинах, а саме – відтік продуктів фотосинтезу з вегетативної маси в бульби, посилення бульбоутворення, підвищення стресостійкості рослин за час вегетації й бульб, у період закладки їх на зберігання. Застосування мікродобрів в оптимальних умовах для процесів, регуляцію яких, вони здійснюють є найбільш ефективним. Вченими-дослідниками відзначено різну чутливість рослин до мікродобрів, що застосовуються у виробництві ²⁰⁵.

Потребує додаткового вивчення вплив на рослини, мікродобрів, залежно від рівнів і строків їх застосування, перед введення останніх, у технологію виробництва картоплі. Це пов'язане з тим, що поживні речовини, які надходять через листя, має свою специфіку: анатомо-морфологічні особливості будови листка, змочуваність поверхні листка, ступенем дисперсності, швидкістю випаровування і т. і. Ці

²⁰² Мірошніченко М. М. Добрива: довідник / за ред. М. М. Мірошніченко. 2011. 140 с.

²⁰³ Токмакова Л. М. Мікробіологічні засоби поліпшення фосфорного живлення рослин та підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. *Посібник українського хлібороба*. 2008. С. 120–122.

²⁰⁴ White P. J. Relationships between yield and mineral concentrations in potato tubers. P. J. White et al. *Hort Science*. 2009. T. 44. Vol. 1. P. 6–11.

²⁰⁵ Radwan E. A., El-Shall Z. S. A. Effect of potassium fertilization and humic acid application on plant growth and productivity of potato plants under clay soil. *J. Plant Production*. 2018. Vol. 2 (7). P. 877–890.

фактори свідчать про те, що позакореневе живлення рослин значно відрізняється від основного живлення і має свою специфіку ²⁰⁶.

За вирощування картоплі нестача мікродобрив зустрічається досить рідко, а тому вносити їх, краще за обробки бульб розчином групи основних мікроелементів, безпосередньо в період посадки бульб чи перед садінням. Позакореневе застосування комплексних водорозчинних добрив (з мікроелементами та мікродобривами) зводиться до обприскування рослин картоплі перед цвітінням чи за висоти 15–20 см ²⁰⁷.

З самого початку заснування світове землеробство займається розробкою та впровадженням енергозберігаючих та ресурсощадних способів, а тому, пошук різноманітних способів економії фінансів, без заподіяння шкоди для врожаю, є основою наукових пошуків ²⁰⁸.

Дослідження з впливу строків проведення позакореневого підживлення рослин картоплі сорту Легенда, зокрема препаратами альфа Гроу екстра, інтермаг і застосування стимулятора росту альфа Нано гроу, вивчали в селекційній сівоzmіні лабораторії картоплярства на сірих опідзолених поверхнево – оглеєних ґрунтах, характерних для Лісостепу Західного.

Результати досліджень показали, що позакореневе підживлення мікродобривами в комплексі зі стимулятором росту суттєво впливало на формування вегетативної маси рослин. Найбільш ефективним позакореневим підживленням виявилось інтермаг – картопля з додатковою обробкою стимулятором росту альфа Нано гроу. Кількість стебел на один рослину становила 5,8 шт., а їх висота – 64,5 см, асиміляційна (листова) поверхня – 44,7 тис. м²/га, чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) – 11,3 г/м²/добу й альфа гроу екстра (бор) + альфа Нано гроу – з показниками, відповідно – 6,0 шт., 68,7 см, 49,9 тис. м²/га і 12,5 г/м²/добу. Найвищу урожайність картоплі (40,5 і 41,4 т/га) отримано на варіантах з підживленням мікродобривом інтермаг-картопля й альфа Гроу екстра (бор) в нормі 2,0 л/га в фазу повних сходів та початку бутонізації та дворазова обробка рослин стимулятором росту альфа Нано гроу в нормі 30 мл/га. Приріст

²⁰⁶ Спосіб підвищення ефективності дії регуляторів росту при застосуванні на картоплі: пат. України на винахід. № 28492 МПК А01С 21/00 / В. С. Куценко та ін. Заяв. 10.08.2007. Опубл. 10.12.2007. Бюл. № 20. 3 с.

²⁰⁷ Фатеев А. І. Оптимізація мікроелементного живлення сільськогосподарських культур : рекомендації. 2012. 12 с.

²⁰⁸ URL: <https://u.sadfaninfo.com/ovochi/kartoplja/871-fazi-rozvitku-kartopli.html> (дата звернення : 23.12.2024).

урожайності становив 13,3–14,2 т/га, або 48,9–52,2 %, а збільшення вмісту крохмалю, як основного якісного показника становило до 2,1 %²⁰⁹.

Дослідження термінів та норм застосування мікродобрив кристалон коричневий та кристалон жовтий проводили в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН. Найвища врожайність 26,2 т/га середньостиглого сорту Віра отримана за застосування мікродобрива для позакореневого живлення кристалон в нормі 3,0 кг/га у фазу сходів і 1,0 кг/га у фази бутонізації-цвітіння на варіанті, де вносили основне живлення $N_{90}P_{90}K_{120}$ на фоні сидератів. Приріст урожайності, лише від мікродобрив, склав 4,5 т/га або 20,7 %. За проведення додаткового підживлення кристалон у нормі 1,0 кг/га у фазу бутонізації – приріст урожайності був в межах похибки досліду, що говорить про неефективність додаткових затрат на підживлення. Позакореневе підживлення мікродобривами кристалон більш ефективне на варіантах, з внесенням основного добрива. Приріст урожайності складав 1,1–3,8 т/га або 7,2–24,8 %. Результати численних досліджень в різних ґрунтово-кліматичних умовах свідчать про позитивний вплив позакоренових підживлень на врожайність та якість бульб картоплі²¹⁰.

Ріст і розвиток рослин – це безперервний процес, що поділяється на окремі фази розвитку рослин, які поступово переходять одна в одну. Основними фазами розвитку для картоплі є сходи, бутонізація, цвітіння, відмирання бадилля²¹¹.

Під час оцінки рослин картоплі за біометричними показниками ми проаналізували наступні міжфазні періоди: садіння – повні сходи; повні сходи – бутонізація; бутонізація – цвітіння; цвітіння – повне відмирання, за якими встановлювали фази розвитку рослин картоплі та вплив живлення, внесення добрив та мікродобрив.

Проводячи спостереження на дослідних ділянках було відмічено вплив добрив з додатковим внесенням мікродобрив на розвиток рослин, а саме на тривалість міжфазних періодів розвитку рослин та формування врожайності, залежно не тільки від груп стиглості, а й від

²⁰⁹ Старовойтов В. И., Павлова О. А. Возможности и перспективы органического земледелия в картофелеводстве. *Картоплярство*. 2008. Вип. 37. С. 14–26.

²¹⁰ Ільчук Р. В. Вплив позакореневого підживлення моно- і мікродобривами та стимулятором росту на врожайність картоплі. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2013. № 55 (1). С. 51–59.

²¹¹ Potato special – a fertilizer that improves not returns. *American vegetable grower*. 1983 Vol. 31. P. 10–12.

морфологічних особливостей сортів, що досліджуються, а саме середньоранній сорт Арія та середньостиглий сорт Гурман.

Проведення аналізу тривалості міжфазних періодів свідчить, що періоди розвитку рослин картоплі, а саме (фази сходів, повних сходів, бутонізації, цвітіння та повного відмирання бадилля) середньораннього сорту Арія та середньостиглого сорту Гурман відповідають біолого-морфологічним показникам груп стиглості, до яких вони віднесені.

Тривалість від садіння до фази повних сходів у сорту Арія складала 33 доби, а у сорту Гурман 38 діб.

Міжфазний період від повних сходів до бутонізації тривав у сорту Арія – 15, у сорту Гурман – 16 діб. Від фази бутонізації до фази цвітіння тривалість складала у сорту Арія – 14, а у сорту Гурман – 20 діб.

Від фази цвітіння до фази повного відмирання бадилля тривалість складала у сорту Арія – 36, а у сорту Гурман відповідно 47 діб (рис. 1).

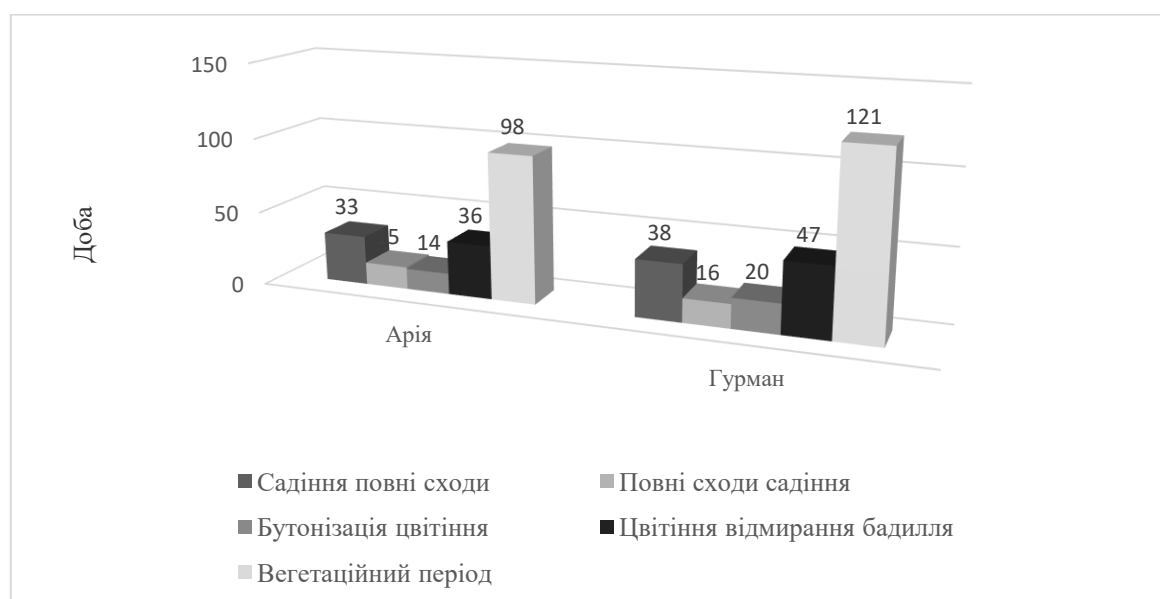


Рис. 1. Тривалість міжфазних періодів за групами стиглості сортів картоплі, діб

В середньому за роки дослідження вегетаційний період у середньораннього сорту Арія тривав 98 діб, а у середньостиглого сорту Гурман 121 добу.

Одним з важливих показників розвитку рослин картоплі для підвищення її продуктивності є наростання вегетативної маси рослин з максимальним формуванням добового приросту урожайності бульб. На формування врожайності картоплі суттєво впливає кількість стебел

у кущі, де кожне стебло в процесі росту та розвитку стає самостійною рослиною з власною кореневою системою, що утворює столони та формує бульби²¹².

Між кількістю стебел та кількістю бульб існує пряма залежність, а тому, відповідно від зростання кількості стебел у кущі зростає кількість бульб, що зав'язалось, під кущем.

Дані досліджень свідчать про те, що на густоту стеблостою рослин картоплі мали вплив такі фактори, як площа живлення, рекомендована доза добрив та додатковий обробіток мікродобривами (табл. 1).

Таблиця 1

Кількість стебел та висота рослин на 60-й день після садіння

Варіанти дослідів	Кількість стебел, шт.	Висота куща, см	Кількість стебел, шт.	Висота куща, см
	Арія		Гурман	
Без добрив (контроль) (70 × 30 см)	2,8	62	5	65
Р.Д.Д. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ (70 × 30 см)	2,8	58	4	71,8
Р.Д.Д. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + мікродобрива (70 × 20 см)	3	74,4	4,5	76,2
Р.Д.Д. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + мікродобрива (70 × 25 см)	3	60	3,8	73,8
Р.Д.Д. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + мікродобрива (70 × 30 см)	3,3	73,8	4,3	71,5
НІР ₀₅	0,8	11,1	1,8	10,5

*Примітка. Р.Д.Д – рекомендована доза добрив.

Отже, ми бачимо, що на варіантах без добрив (контроль) та за внесення рекомендованої дози добрив N₉₀P₉₀K₁₂₀ середня кількість стебел за роки проведення досліджень складала 2,8 шт.

Так, в середньому за роки досліджень, найбільшу кількість стебел у кущі, стосовно середньораннього сорту Арія, була на площі живлення 70 × 30 см – 3,3 шт., а у середньостиглого сорту Гурман, на площі живлення 70 × 20 см – 4,5 шт. Густота стеблостою за сортом Арія на інших площах живлення, а саме 70 × 20 см та 70 × 30 см

²¹² Scholberg Johannes M., Zotarelli L., Dukes M. Enhancing Fertilizer Efficiency in High Input Cropping Systems in Florida. *Sustainable Agriculture Reviews*. 2013. Vol. 2. P. 143–174.

складала 3 шт. У сорту Гурман ці показники відзначено на площах живлення 70×5 см – 3,8 шт. та 70×30 см відповідно 4,3 шт.

За результатами проведених досліджень, можна стверджувати, що на формування густоти стеблостою впливають такі технологічні чинники, як площа живлення, внесення рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ та додатковий обробіток мікродобривами.

За час проведення досліджень відмічено, що найбільший приріст рослин картоплі в висоту спостерігався, як у сорту Арія, так і у сорту Гурман, на варіанті з внесенням рекомендованої дози добрив та обробітком мікродобривами екоорганік з площею живлення 70×20 см і становив відповідно сортів – 74,4 та 76,2 см (рис. 2).

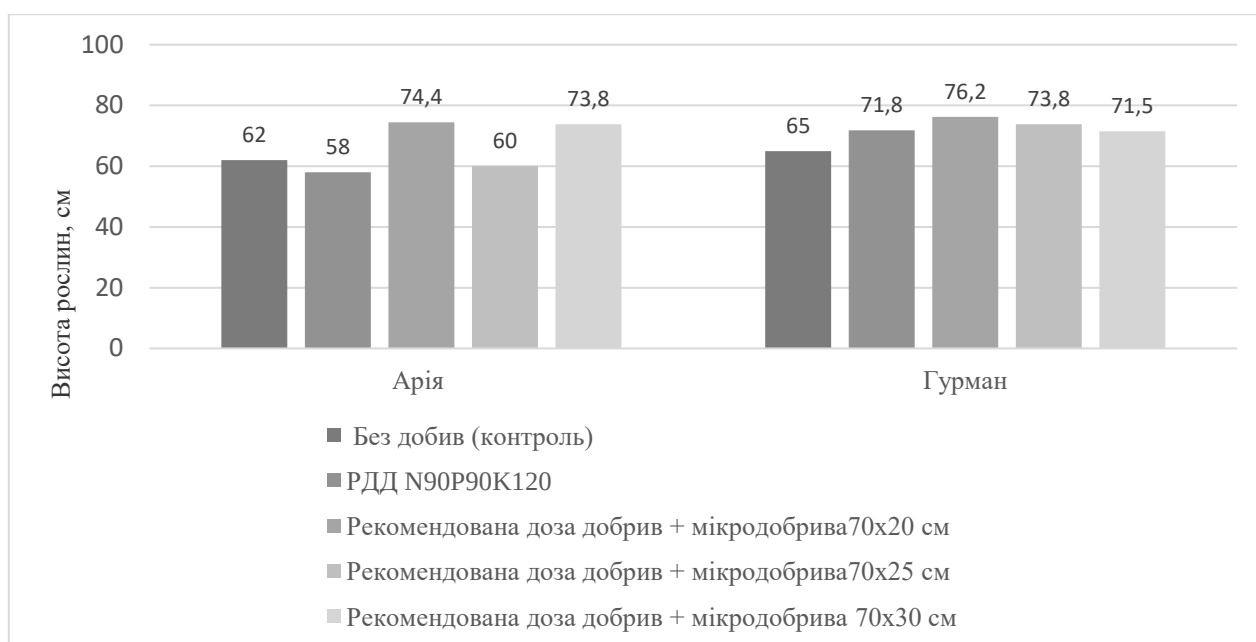


Рис. 2. Висота рослин картоплі залежно від площі живлення та дози внесених добрив

На всіх інших варіантах висота рослин у сорту Арія складала на площі живлення 70×25 см – 60 см, а на площі 70×30 см відповідно 73,8 см. У сорту Гурман показники приросту висоти рослин на площі живлення 70×25 см склали – 73,8 см, а на площі живлення 70×30 см – 71,5 см.

Аналіз отриманих даних дає підставу стверджувати про те, що площа живлення рослин картоплі та внесення рекомендованої дози добрив з додатковим обробітком мікродобривами позитивно впливає, як на кількість сформованих стебел, так і відповідно висоту рослин картоплі.

Відомо, що продуктивність рослин картоплі залежить від величини сформованого фотосинтетичного апарату ²¹³, а тому нами визначено площі листової поверхні картоплі на 60 день після посадки, для усіх варіантів дослідів (табл. 2).

Таблиця 2

**Біометричні показники вегетативної маси картоплі
на 60-ий день після садіння**

Варіанти дослідів	Вага одного куща, кг	Асиміляційна поверхня, тис. м ² /га	Вага одного куща, кг	Асиміляційна поверхня, тис. м ² /га
	Арія		Гурман	
Без добрив (контроль) (70 × 30 см)	380	13,6	280	21,6
Р.Д.Д. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ (70 × 30 см)	413	23,8	425	25,8
Р.Д.Д. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + мікродобрива (70 × 20 см)	430	34,3	483	41,7
Р.Д.Д. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + мікродобрива (70 × 25 см)	423	27,2	585	29,7
Р.Д.Д. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + мікродобрива (70 × 30 см)	705	38,6	620	29,8
НІР ₀₅	86,7	13,0	87,9	6,6

За результатами дослідження, середні показники площі листової поверхні картоплі, на варіанті без добрив (контроль) складали у середньораннього сорту Арія – 13,6 тис.м²/га, а у сорту Гурман відповідно 21,6 тис.м²/га. За внесення рекомендованої дози добрив N₉₀P₉₀K₁₂₀ площа листової поверхні складала за сортом Арія – 23,8 тис.м²/га, а за сортом Гурман – 25,8 тис.м²/га.

Найвищим, показник площі листової поверхні рослин картоплі, відзначено на варіанті з внесенням рекомендованої дози добрив N₉₀P₉₀K₁₂₀ та обробкою мікродобривами, що становив за середньораннім сортом Арія на площі живлення 70 × 20 см – 38,6 тис. м²/га, а за середньостиглим сортом Гурман найбільший показник площі листової поверхні спостерігався на площі живлення 70 × 20 см з

²¹³ URL: <http://www.tsatu.edu.ua/rosl/wpcontent/uploads/sites/20/lekciya-19.bioloheja-i-tehnoloheja-vyroshchuvannja-kartopli.pdf> (дата звернення: 20.04.2020).

внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ та обробкою мікродобрив та складав 41,7 тис. $m^2/га$.

На всіх інших варіантах дослідження, площа листової поверхні рослин картоплі складала за сортом Арія на площі живлення 70×20 см – 34,3 тис. $m^2/га$; 70×25 см – 27,2 тис. $m^2/га$, а за сортом Гурман 70×25 см – 29,7 тис. $m^2/га$; 70×30 см – 29,8 тис. $m^2/га$.

В період проведення досліджень, на 60-й день після садіння картоплі, проводилося визначення ваги куща рослин картоплі. Дані динаміки наростання ваги куща рослин наведено на рисунку 3.

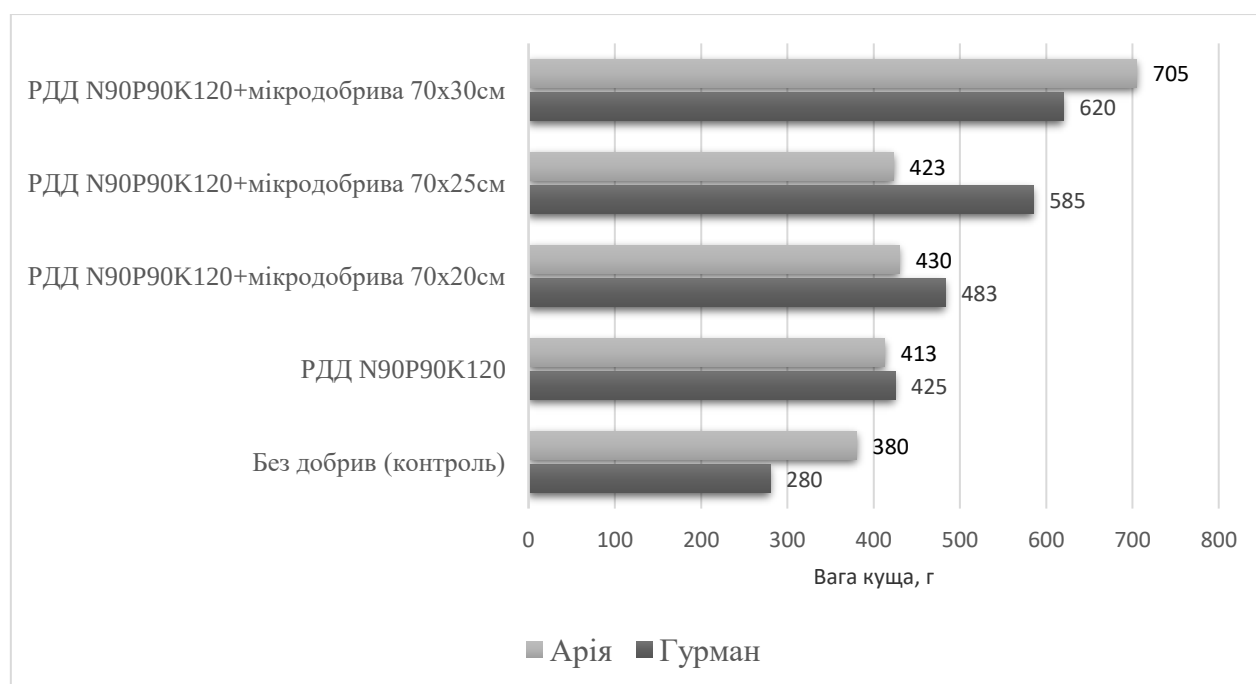


Рис. 3. Вага куща рослин картоплі залежно від площі живлення та дози внесених добрив

Як свідчать дані досліджень, в середньому вага куща на варіанті без добрив (контроль) у сорту Арія складала 380 г, а у сорту Гурман відповідно 280 г. На варіанті з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ цей показник становив у сорту Арія – 413 г, відповідно у сорту Гурман – 425 г.

Найбільшою вага куща рослин картоплі, як у сорту Арія, так і у сорту Гурман була на варіанті за внесення рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ та обробкою мікродобривами на площі живлення 70×30 см – 705 г та 620 г.

На всіх інших варіантах досліджень ці показники складали у сорту Арія на площі живлення 70×20 см – 430 г; 70×25 см – 423 г.

Відповідно у сорту Гурман ці показник були на площі живлення 70×20 см – 483 г; 70×25 см – 585 г.

Даний період характеризується активним формуванням стебел, листя і кореневої системи. Процеси проходять паралельно і включають в себе: зростання головного і бічних пагонів; активне формування листової поверхні; поступове змикання бадилля у міжрядді; початок бульбоутворення – stolони набухають і збільшуються до розмірів, в два рази більше їх первісного діаметра.

Проведеними дослідженнями, встановлено, що на 70-й день після садіння картоплі, найбільша кількість стебел за сортом Арія складала 5,8 шт. на варіанті з площею живлення 70×30 см та внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ і обробкою мікродобривами. За сортом Гурман цей показник складав 8,5 шт. на площі живлення 70×20 см (табл. 3).

Таблиця 3

Кількість стебел та висота рослин на 70-й день після садіння

Варіанти дослідів	Кількість стебел, шт	Висота куща, см	Кількість стебел, шт	Висота куща, см
	Арія		Гурман	
Без добрив (контроль) (70×30 см)	5,3	51	4,8	69,7
Рекомендована доза добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ (70×30 см)	4,0	69,3	5,3	88,8
Р.Д.Д. $N_{90}P_{90}K_{120}$ + мікродобрива (70×20 см)	3,3	77	8,5	96,3
Р.Д.Д. $N_{90}P_{90}K_{120}$ + мікродобрива (70×25 см)	5,8	69,8	5,8	82,5
Р.Д.Д. $N_{90}P_{90}K_{120}$ + мікродобрива (70×30 см)	5,5	82,5	7,3	97,5
HP_{05}	0,68	7,07	1,91	15,07

На інших варіантах дослідів, ці показники мали такі значення: у сорту Арія на площі живлення 70×20 см – 3,3 шт. і 70×30 см – 5,5 шт. У сорту Гурман на площі живлення 70×25 см – 5,8 шт. і 70×30 см – 7,3 шт.

Найбільший приріст рослин у висоту, за роки проведення досліджень, спостерігався як у середньораннього сорту Арія, так і у

середньостиглого сорту Гурман на площі живлення 70×30 см з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ та обробкою мікродобривами й відповідно становив 82,5 см та 97,5 см.

На всіх інших варіантах у сорту Арія ці показники становили на площі живлення 70×20 см – 77 см; 70×25 см – 69,8 см. За сортом Гурман на площі живлення 70×20 см показник складав 96,3 см, а на площі 70×25 см відповідно 82,5 см.

Динаміка наростання рослин у висоту на 70-й день після садіння у сортів Арія та Гурман наведені на рисунку 4.

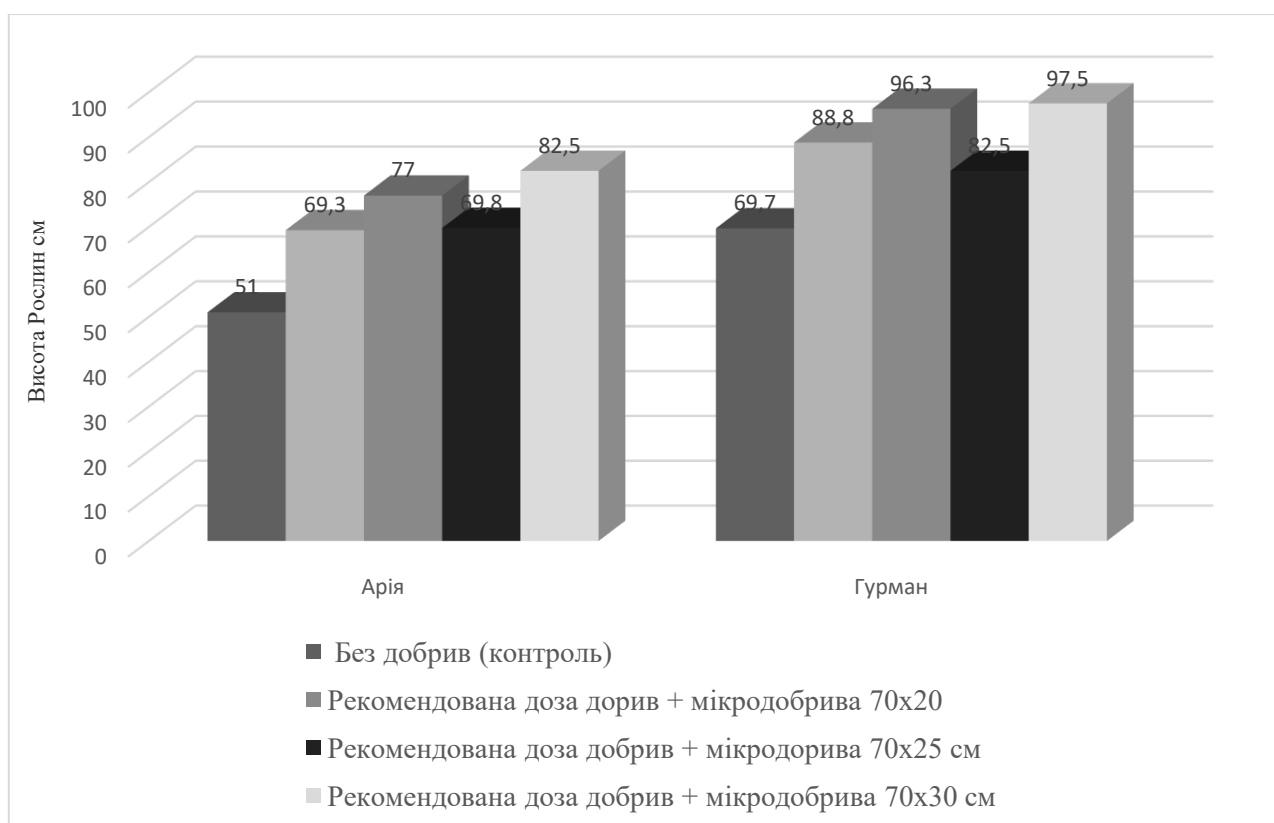


Рис. 4. Висота рослин залежно від площі живлення та дози внесених добрив

За даними науковців, у звичайних умовах вирощування, для одержання високих урожаїв картоплі листова поверхня в період максимального розвитку фотосинтетичного апарату повинна становити не менше 35–40 тис. м²/га. При такій площі листя в посівах картоплі поглинається 80–90 ФАР, більша площа листової поверхні може бути не тільки недоцільною, але й шкідливою ²¹⁴.

²¹⁴ Мацера А. В., Поліщук І. С. Вплив позакоренових підживлень та добрив на формування врожаю бульб сортів картоплі в умовах Лісостепу Правобережного. Земля України – потенціал продовольчої, енергетичної та екологічної безпеки держави. 2014. Т. 2. С. 75–78.

В результаті проведених досліджень площа листової поверхні рослин картоплі на 70-й день після садіння на варіанті без добрив (контроль) становила за сортом Арія 31,9 тис. м²/га і відповідно за сортом Гурман цей показник становив 36,4 тис. м²/га (табл. 4).

Таблиця 4

**Біометричні показники вегетативної маси картоплі
на 70-ий день після садіння**

Варіанти дослідів	Вага куща, кг	АП, тис. м ² /га	Вага куща, кг	АП, тис. м ² /га
	Арія		Гурман	
Без добрив (контроль) (70 × 30 см)	168	31,9	235	36,4
Р.Д.Д. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ (70 × 30 см)	550	50,2	458	55,8
Р.Д.Д. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + мікродобрива (70 × 20 см)	438	48,4	630	69,3
Р.Д.Д. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + мікродобрива (70 × 25 см)	643	49,4	485	72,3
Р.Д.Д. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + мікродобрива (70 × 30 см)	535	71,4	670	65,6
НІР ₀₅	77,5	13,7	77,2	11,7

На варіанті з внесенням рекомендованої дози добрив N₉₀P₉₀K₁₂₀ ці показники становили у сорту Арія – 50,2 тис. м²/га, а у сорту Гурман цей показник складав 55,8 тис. м²/га. Найбільші показники площі листової поверхні за роки досліджень були у сорту Арія на варіанті з площею живлення 70 × 30 см з внесенням рекомендованої дози добрив N₉₀P₉₀K₁₂₀ та обробкою мікродобривами – 71,4 тис. м²/га.

Відповідно у сорту Гурман цей показник склав 72,3 тис. м²/га на площі живлення 70 × 25 см з внесенням рекомендованої дози добрив N₉₀P₉₀K₁₂₀ та додатковою обробкою мікродобривами.

На всіх інших варіантах ці показники становили за сортом Арія на площі живлення 70 × 20 см – 48,4 тис. м²/га; 70 × 25 – 49,4 тис. м²/га, а у сорту Гурман ці показники складали на площі живлення 70 × 25 – 69,3 тис. м²/га; 70 × 30 см – 65,6 тис. м²/га.

Продуктивність агрофітоценозу визначається розвитком стеблостою та асиміляційного апарату рослин, які разом формують надземну вегетативну масу рослин сорту та видів добрив.

Вага куща на 70-й день після садіння картоплі на варіанті без добрив (контроль) за сортом Арія складала – 168 г, а за сортом Гурман – 235 г. На варіанті з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ цей показник становив 550 г, відповідно у сорту Гурман – 458 г. Динаміка накопичення ваги куща рослин картоплі наведена на рисунку 5.

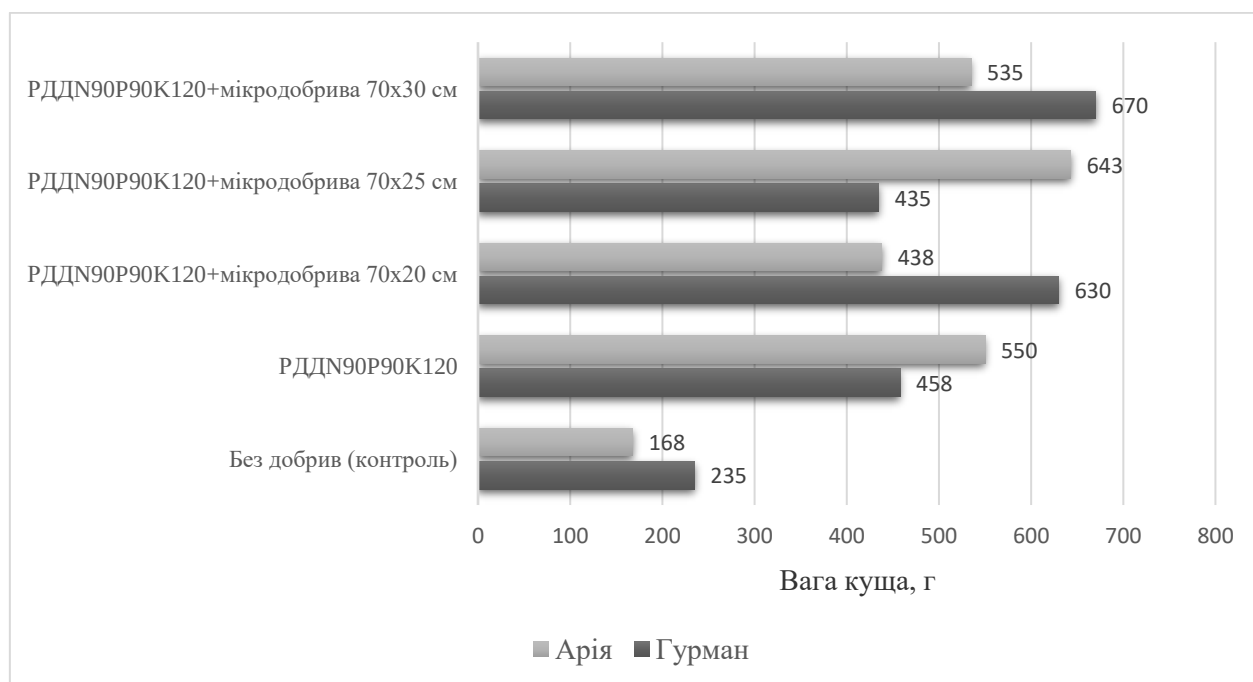


Рис 5. Вага куща рослин картоплі залежно від площі живлення та дози внесених добрив

Найбільша вага куща рослин картоплі у сорту Арія була на варіанті з площею живлення 70×25 см та за внесення рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ і обробіткою мікродобривами і становила 643 г, відповідно у сорту Гурман цей показник складав 670 г на площі живлення 70×30 см з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ та обробкою мікродобрив.

На всіх інших варіантах вага куща рослин картоплі складала: за сортом Арія на площі живлення 70×20 см – 438 г; 70×30 см – 535 г, відповідно у сорту Гурман ці показники становили на площі живлення 70×20 см – 630 г; 70×25 см – 485 г.

Дані проведених досліджень, а саме динамічних підкопувань на 60-й та 70-й день показали, що площа листової поверхні на варіанті без добрив (контроль) збільшилася у 2,3 рази у середньораннього сорту Арія, а у середньостиглого сорту Гурман в 1,7 разів.

На варіанті з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ у середньораннього сорту Арія збільшення складало у 2,1 рази, а у середньостиглого сорту Гурман у 2,2 раза.

На варіантах з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ та обробки мікродобривами за різних площ живлення, відмічено збільшення у середньораннього сорту Арія на площі живлення 70×20 см в 1,4 раза, 70×25 см та 70×30 см – 1,8 раза. За середньостиглим сортом Гурман на площі живлення 70×20 см збільшення становило у 1,7 раза, 70×25 см – 2,4 раза та 70×30 у 2,2 раза.

За роки проведення досліджень, за внесення рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ з додаванням мікродобрив у середньораннього сорту Арія відмічено збільшення площі листової поверхні на дослідних ділянках з площею живлення 70×25 та 70×30 см, а за середньостиглим сортом Гурман збільшення площі листової поверхні відмічене на площі живлення 70×25 см.

Майбутні врожаї картоплі визначається площею листків, швидкістю розвитку фотосинтетичного апарату і терміном його функціонування. Рівень розвитку вегетативної маси характеризується масою бадилля, кількістю стебел, площею листків, фотосинтетичним потенціалом і облиствленістю куща.

Рослина використовує вуглекислий газ з повітря за допомогою хлорофілу, який надає рослинам характерний зелений колір. Хлорофіл розміщується в клітинних структурах, які називаються хлоропластами. Сонячна енергія яка уловлюється зернами хлорофілу та здійснює синтез рослиною більш або менш складних речовин, які своєю чергою, формують справжні запаси поживних речовин^{215, 216}.

Нашими дослідженнями встановлено показники вмісту хлорофілу на всіх варіантах досліду і наведено на рисунку 6.

В результаті проведених досліджень з визначення вмісту хлорофілу в листках рослин картоплі, встановлено, що на варіанті без добрив (контроль) ці показники становили у сорту Арія – 3,06, а у сорту Гурман – 3,03 мг на 1 г сирової наважки.

²¹⁵ Gao X., Parsonage S., Tenuta M. Nitrogen Fertilizer Management Practices to Reduce N_2O Emissions from Irrigated Processing Potato in Manitoba. *American Journal of Potato Research*. 2017. Vol. 94 (4). P. 390–402.

²¹⁶ URL: <https://u.sadfaninfo.com/ovochi/kartoplja/871-fazi-rozvitku-kartopli.html> (дата звернення : 23.12.2023).

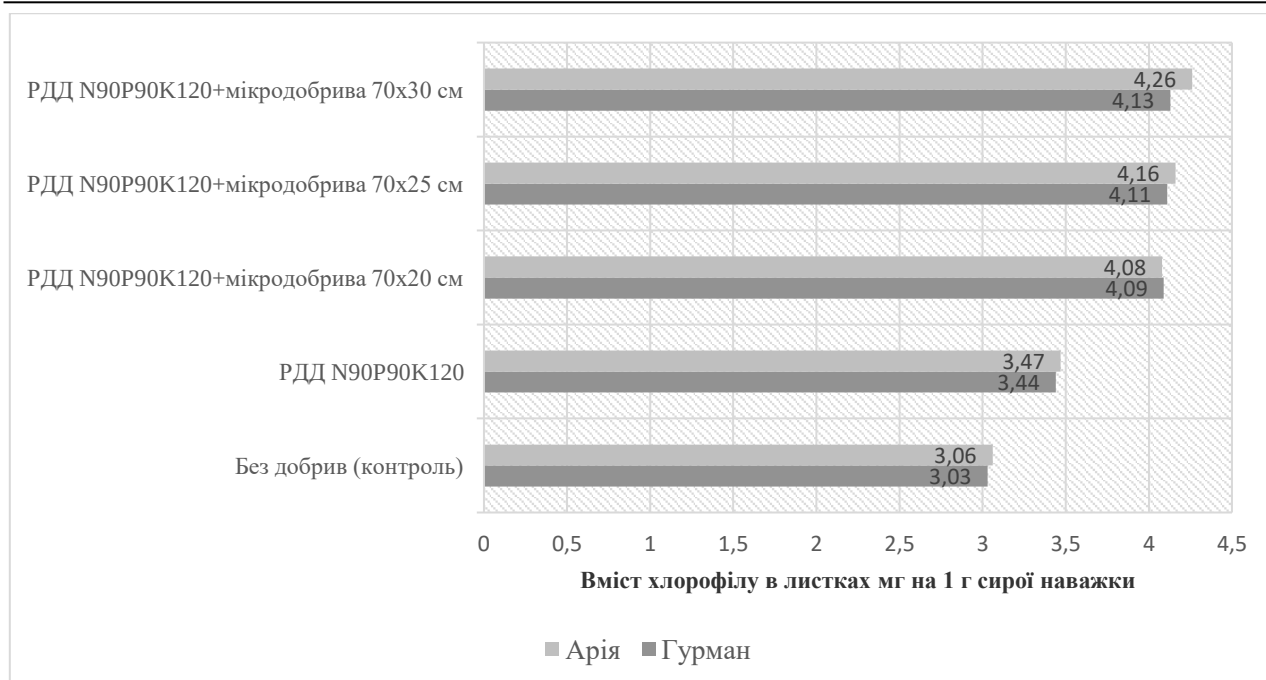


Рис. 6. Вміст хлорофілу залежно від площі живлення та дози внесених добрив

На варіанті з внесенням рекомендованої дози добрив N₉₀P₉₀K₁₂₀ показники вмісту хлорофілу в листках рослин картоплі у сорту Арія склали 3,47 мг, а у сорту Гурман 3,44 мг.

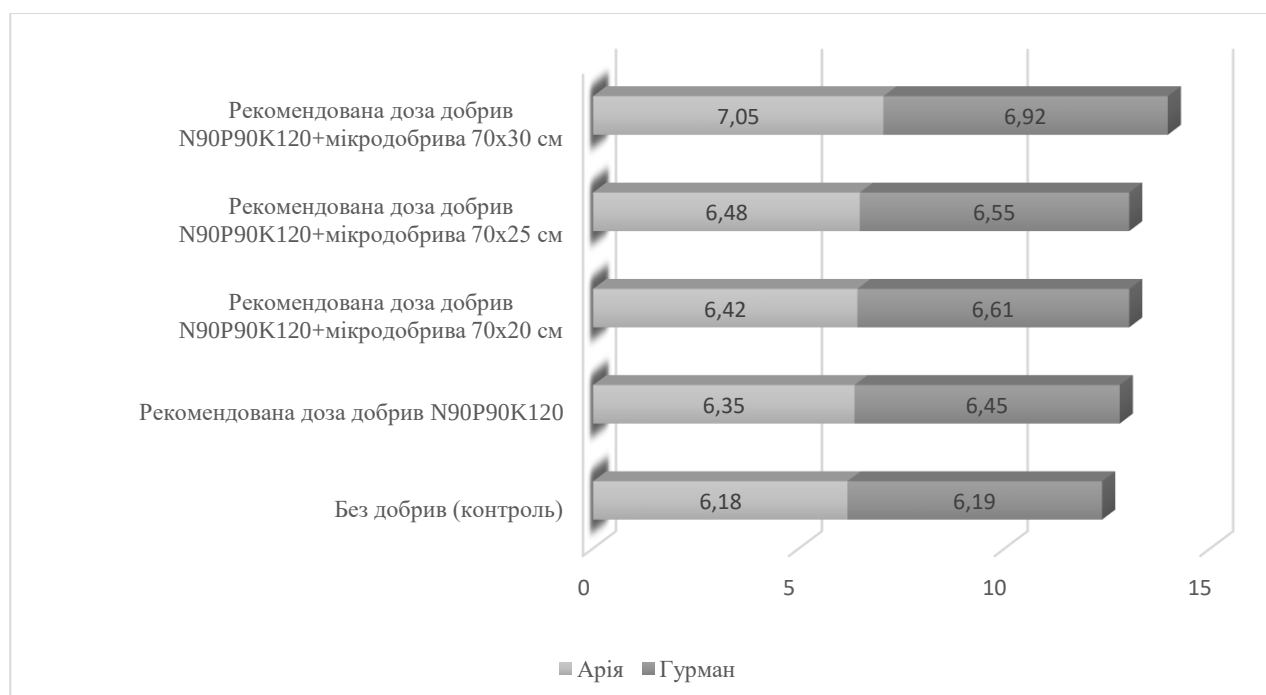


Рис. 7. Чиста продуктивність фотосинтезу листкової поверхні рослин картоплі за добу

Оптимальним рівнем живлення задля найбільшого утворення хлорофілових зерен в листках рослин картоплі, стосовно проведених нами досліджень, було на варіанті з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ та обробкою мікродобрив на площі живлення 70×30 см і у сорту Арія становило 4,26 мг, у сорту Гурман – 4,13 мг.

У всіх інших варіантах ці показники становили за сортом Арія на площі живлення 70×20 см – 4,08 мг; 70×25 см – 4,16 мг. Відповідно у сорту Гурман цей показник складав на площі живлення 70×20 см – 4,09 мг; 70×25 см – 4,11 мг.

Чиста продуктивність фотосинтезу рослин картоплі визначається сумарною асимілятивною поверхнею листків та інтенсивністю фотосинтетичних процесів на одиницю площі листя.

Так, в середньому за роки проведення досліджень, чиста продуктивність фотосинтезу рослин картоплі середньораннього сорту Арія та середньостиглого сорту Гурман за внесення рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ з обробкою мікродобрив та різними площами живлення змінювалася таким чином.

У фазу цвітіння-бутонізації чиста продуктивність фотосинтезу у сорту Арія становила на варіанті контролю (без добрив) 6,18 г/м² за добу, відповідно у сорту Гурман цей показник складав 6,19 г/м² за добу.

На варіанті з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ у фазу бутонізації-цвітіння чиста продуктивність фотосинтезу становила за сортом Арія – 6,35 г/м² за добу, а за сортом Гурман – 6,45 г/м² за добу.

Сумісне застосування рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ та позакореневого підживлення мікродобривами на різних площах живлення показало, що чиста продуктивність фотосинтезу за добу склала у сорту Арія за площі живлення 70×20 см – 6,42 г/м² за добу; 70×25 см – 6,48 г/м² за добу та 70×30 см – 6,92 г/м² за добу.

Відповідно у сорту Гурман ці показники становили на площі живлення 70×20 см – 6,60 г/м² за добу; 70×25 см – 6,55 г/м² за добу та 70×30 см – 6,92 г/м² за добу.

Збільшення чистої продуктивності фотосинтезу в період тривалості фази бутонізації – цвітіння, на нашу думку, пов'язана з проходження процесу фотосинтезу більш інтенсивно за рахунок так званої «вторинної облиствленості», тобто молодих листків в рослинах картоплі.

Одержання високої врожайності картоплі забезпечується наявністю високопродуктивних сортів, якісного насіннєвого матеріалу та технології вирощування, яка дозволяє реалізувати потенційні можливості перших двох компонентів.

Правильне співвідношення технологічних способів сприяє встановленню оптимальної дії окремих чинників і є основою для розробки найбільш ефективної технології вирощування картоплі. Тому, за розробки технології вирощування щодо новостворених сортів картоплі необхідно вивчити дію всіх агротехнологічних заходів в комплексі^{217, 218}.

Схемою досліду та згідно з методикою його проведення було передбачено проведення динамічних підкопувань картоплі на 60–70-й дні після садіння з метою отримання результатів динамічного накопичення врожаю, а також проведення обліків з підрахунку кількості бульб для встановлення фракційного складу та відсотку товарності.

На 60-й день після садіння картоплі нами було проведене динамічне підкопування картоплі, де було визначено накопичення врожаю, підраховано кількість бульб та відсоток товарності.

Проведення аналізу дозволило отримати такі результати, де на варіанті без добрив (контроль) загальна кількість бульб під одним кущем за роки проведення досліджень складала у сорту Арія – 5,6 шт. і відповідно у сорту Гурман – 8,8 шт. Внесення рекомендованої дози добрив N₉₀P₉₀K₁₂₀ дозволило отримати такі дані: у сорту Арія кількість бульб складала 5,0 шт., у сорту Гурман – 15,0 шт.

Найбільша кількість бульб під одним кущем на 60-й день після садіння спостерігалася за сортом Арія на варіанті з площею живлення 70 × 30 см за внесення рекомендованої дози добрив N₉₀P₉₀K₁₂₀ та обробкою мікродобривами – 9,6 шт. Відповідно у сорту Гурман цей показник становив на варіанті з площею живлення 70 × 25 см та внесенням рекомендованої дози добрив N₉₀P₉₀K₁₂₀ з обробітком мікродобривами – 11,0 шт.

На всіх інших варіантах досліджень кількість бульб під одним кущем становила за сортом Арія на площі живлення 70 × 20 см – 5,0 шт.; 70 × 25 см – 4,0 шт. У сорту Гурман ці показники склали на

²¹⁷ URL: <https://ipmpotato.com.ua/uk/kartopleznnavstvo/581-pravilnij-vibir-kulturi-poperednika-etapi-rozvitku-kartopli.html> (дата звернення : 20.09.2021).

²¹⁸ URL: <https://kurkul.com/news/28600-ekspert-poyasniv-v-chomu-prichina-nizkoyi-serednoyi-vroжайnosti-kartopli-v-ukrayini> (дата звернення : 15.04.2019).

площі живлення 70×20 см – 10,5 шт., а на 70×30 см відповідно 10,0 шт.

Відсоток товарності на 60-й день після садіння складав на варіанті без добрив (контроль) за сортом Арія 50,0, відповідно за сортом Гурман 48,8.

На варіанті, за внесення рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ товарність у сорту Арія становила 54,0 %, а у сорту Гурман відповідно 25,3 %.

Найкращі показники товарності бульб картоплі досліджуваних сортів були на варіанті з внесенням рекомендованої дози добрив та обробітком мікродобривами й у сорту Арія на площі живлення 70×20 см склали 56,0 %, а відповідно у сорту Гурман найбільший показник відсотка товарності спостерігався на площі живлення 70×25 см і становив 45,4.

На всіх інших варіантах з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ та обробітком мікродобривами показники відсотка товарності становили за сортом Арія на площі живлення 70×25 см – 50,0 %; 70×30 см – 37,5 %, у сорту Гурман відсоток товарності складав на площі живлення 70×20 см – 33,3 та 70×30 см – 41,0 % відповідно.

Результатами проведених досліджень було встановлено, що на варіанті без добрив (контроль) у сорту Арія за середньої ваги бульб одного куща 0,290 кг врожайність складала 12,3 т/га, а у сорту Гурман середня вага бульб становила 0,340 кг і відповідно врожайність складала 14,6 т/га.

На варіанті із внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ вага бульб складала за сортом Арія – 0,350, Гурман – 0,490 кг, відповідно врожайність становила за сортом Арія – 15,0 т/га, а за сортом Гурман – 21,0 т/га.

Найвищі показники врожайності на 60-й день після садіння на варіантах з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ та обробкою мікродобривами за сортом Арія відзначено на площі живлення 70×20 см, де вага бульб складала 0,370 кг і відповідно врожайність становила 26,2 т/га. У сорту Гурман цей показник спостерігався на площі живлення 70×25 см з вагою бульб 0,590 кг та з врожайністю 33,6 т/га.

На варіантах з іншими площами живлення та внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ та обробкою мікродобривами показники врожайності становили за сортом Арія на площі живлення 70×25 см – вага бульб складала 0,350 кг, а врожайність 20,5 т/га, на

площі живлення 70×30 см – вага бульб становила 0,420 кг і відповідно врожайність 18,1 т/га.

За сортом Гурман на площі живлення 70×20 см – вага бульб складала 0,380 кг з відповідною врожайністю 29,9 т/га, на площі живлення 70×30 см – вага бульб складала 0,380 кг, а врожайність 16,3 т/га.

Згідно з методикою та схемою досліду на 70-й день після садіння картоплі було проведено динамічне підкопування картоплі, де було визначено накопичення врожаю, підраховано кількість бульб та відсоток товарності.

Кількість бульб картоплі за сортом Арія на варіанті без добрив (контроль) складала 7,5 шт., а за сортом Гурман – 9 шт. На варіанті з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ показники кількості бульб становили за сортом Арія – 10 шт., за сортом Гурман – 9,2 шт.

Найбільший показник кількості бульб спостерігався за сортом Арія на варіанті з внесенням рекомендованої дози $N_{90}P_{90}K_{120}$ та обробкою мікродобривами на площі живлення 70×30 см – 17 шт., відповідно за сортом Гурман на площі живлення 70×25 см – 19 шт.

На усіх інших варіантах з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ та обробкою мікродобривами з різними площами живлення кількість бульб під кущем за сортом Арія складала на площі живлення 70×20 см – 13 шт.; 70×25 см – 8 шт. Відповідно у сорту Гурман ці показники кількості бульб становили на площі живлення 70×20 см – 14 шт.; 70×30 см – 9 шт.

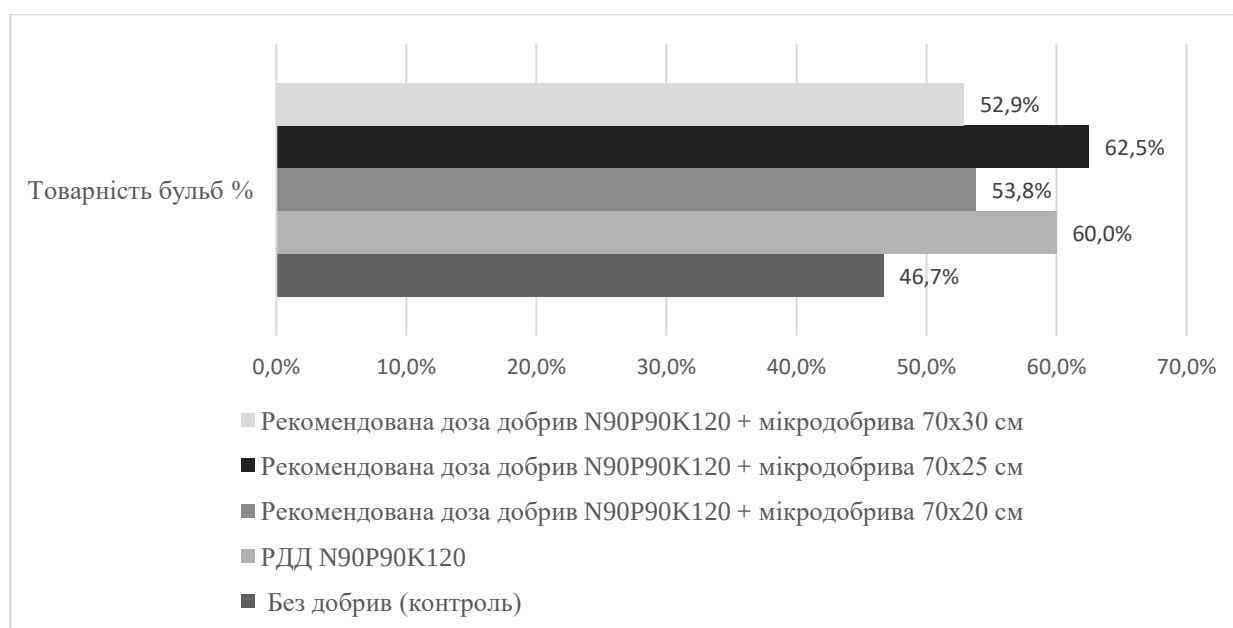


Рис. 8. Товарність бульб сорту Арія на 70-й день після садіння

Відсоток товарності бульб на варіанті контролю (без добрив) за сортом Арія складав 46,7, відповідно за сортом Гурман товарність становила 44,4 %. На варіанті з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ у сорту Арія відсоток товарності бульб складав 60,0, а у сорту Гурман відповідно 56,5 %.

Динаміка наростання відсотка товарності на 70-й день після садіння наведена на рисунках 8 та 9.

Найвищі показники відсотка товарності бульб відмічено на варіанті з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ та обробкою мікродобривами на площі живлення 70×25 см – 62,5 % за сортом Арія та 70×20 см – 71,4 % за сортом Гурман.

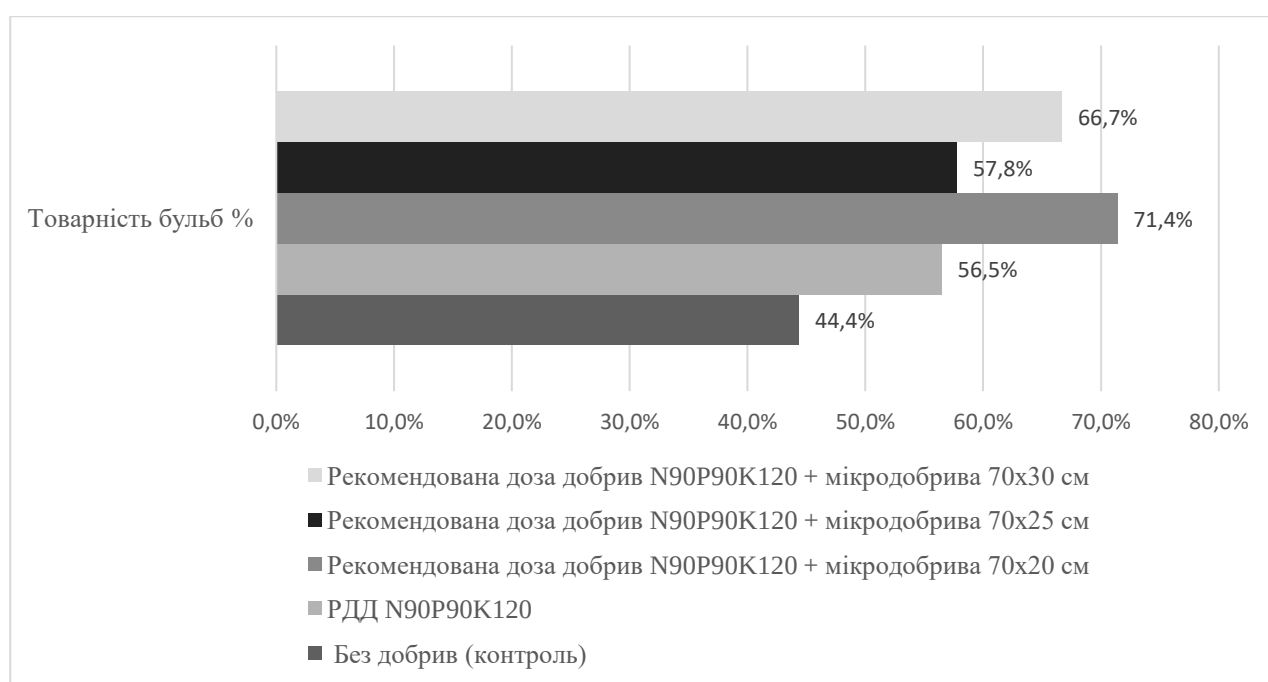


Рис. 9. Товарність бульб сорту Гурман на 70-й день після садіння

На усіх інших варіантах товарність складала за сортом Арія на площі живлення 70×20 см – 53,8 %; 70×30 см – 52,9 %. Відповідно у сорту Гурман відсоток товарності становив на площі живлення 70×25 см – 57,8, а на площі 70×30 см – 66,7 %.

Врожайність картоплі на 70-й день після садіння на варіанті без добрив (контроль) у сорту Арія за середньої ваги бульб одного куща 0,310 кг врожайність становила 13,3 т/га, відповідно за сортом Гурман показник врожайності складав – 15,4 т/га за вази бульб 0,360 кг.

На варіанті з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ за сортом Арія показники ваги бульб та врожайності складали 0,440 кг та

18,9 т/га. Відповідно у сорту Гурман вага бульб складала 0,450 кг, а врожайність 19,4 т/га.

Проведенням динамічних підкопувань на 70-й день встановлено, що найвищий показник врожайності, як у сорту Арія, так і у сорту Гурман відмічено на площі живлення 70×20 см з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ з додатковою обробкою мікродобривами. У сорту Арія за ваги бульб 0,470 кг врожайність становила 33,4 т/га, відповідно у сорту Гурман – вага бульб 0,650 кг і врожайність складала 46,1 т/га.

На усіх інших варіантах досліду за сортом Арія на площі живлення 70×25 см з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ з обробкою мікродобривами вага бульб становила 0,500 кг, а врожайність складала 28,5 т/га на площі живлення 70×30 см вага бульб становила 0,670 кг, врожайність 28,8 т/га. Відповідно за сортом Гурман показники ваги бульб та врожайності складали на площі живлення 70×25 – вага бульб складала 0,710 кг, врожайність 40,4 т/га, а на площі живлення 70×30 см вага бульб складала 0,530 кг, а врожайність 22,8 т/га.

Впровадження у виробництво інтенсивних технологій вирощування вимагає застосування високих норм мінеральних добрив і пестицидів, значних енергетичних і матеріальних витрат, що негативно впливає на чистоту довкілля ²¹⁹.

За вирощування картоплі оптимальне і своєчасне застосування агротехнологічних заходів має значний вплив на кінцеву урожайність картоплі та якісні показники, отриманого врожаю. Важливим фактором для одержання високого урожаю картоплі, в першу чергу, є рівень живлення рослин, тобто норми добрив, які забезпечать істотний приріст урожаю для сучасних і новостворених сортів різних груп стиглості, що плануються вирощувати та внесені до Державного реєстру сортів рослин України, дозволених для вирощування ^{220, 221}.

За збирання врожаю нами було проведено підрахунок кількості бульб під одним кущем залежно від площі живлення та внесення рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ з обробкою мікродобривами.

²¹⁹ White P. J. Relationships between yield and mineral concentrations in potato tubers. P. J. White et al. *Hort Science*. 2009. T. 44. Vol. 1. P. 6–11.

²²⁰ Panigrahi B., Panda S., Raghuwanshi N. Potato water use and yield under furrow irrigation. *Irrigation Science*. 2001. Vol. 20 (4). P. 155–163. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007/s002710100042>.

²²¹ Ільчук Р. В. Кореляційна залежність між продуктивністю і крохмалистістю бульб у потомства картоплі різного походження. Матер. міжнарод. наук. конф.: «Наукове забезпечення інноваційного розвитку аграрного виробництва у Карпатському регіоні». (Чернівці, 7–9 черв. 2007 р.). С. 108–117.

Отримані результати свідчать про те, що на варіанті без добрив (контроль) середня кількість бульб одного куща за сортом Арія складала 8 шт., відповідно за сортом Гурман середня кількість бульб під одним кущем становила 9 шт.

На варіанті з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ кількість бульб під одним кущем у сорту Арія складала 8 шт., а за сортом Гурман 10 шт.

Динаміка кількості бульб під одним кущем під час збирання врожаю наведена на рисунках 10 та 11.

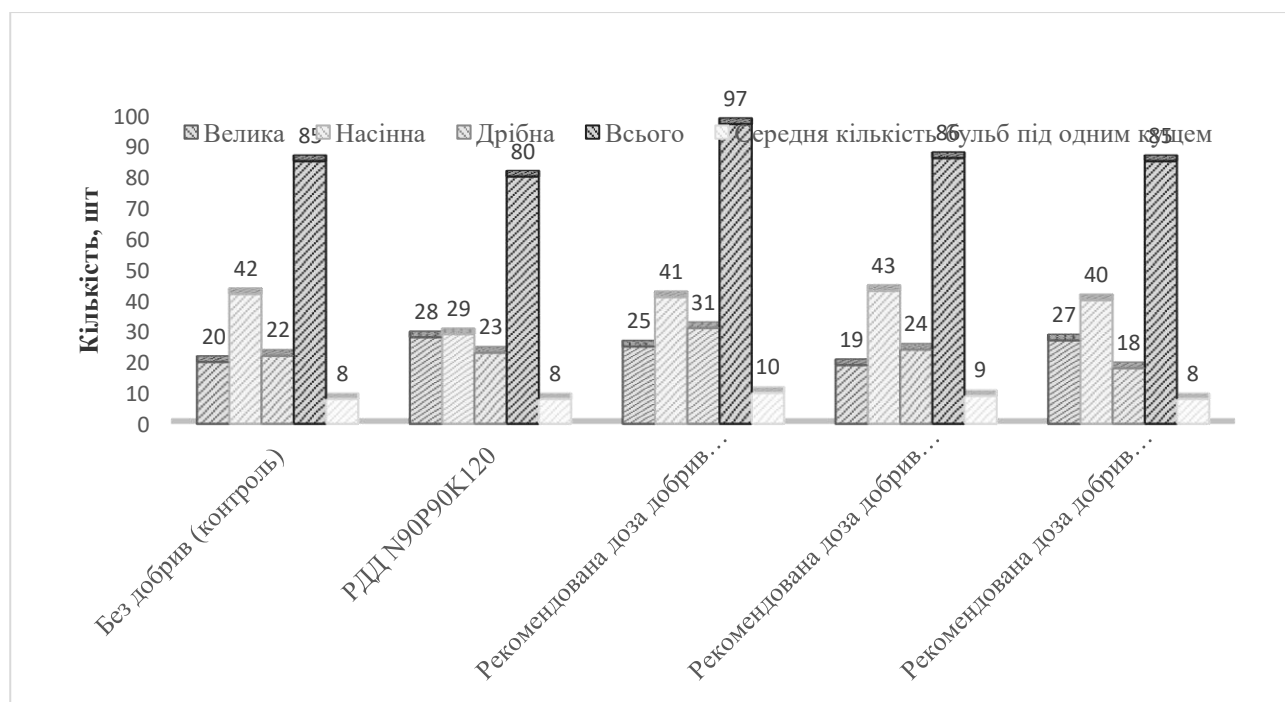


Рис. 10. Кількість бульб сорту Арія в залежності від варіантів дослідження

Найбільшу кількість бульб відмічено на варіанті з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ та обробкою мікродобривами на площі живлення 70×20 см, як у сорту Арія, так і у сорту Гурман і відповідно сортів становила 10 та 11 шт.

На усіх інших варіантах з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ з обробкою мікродобривами кількість бульб під одним кущем становила за сортом Арія на площі живлення 70×5 см – 9 шт.; 70×30 см – 8 шт., а у сорту Гурман ці показники складала на площі живлення 70×25 см – 10 шт. та 70×30 см – 8 шт.

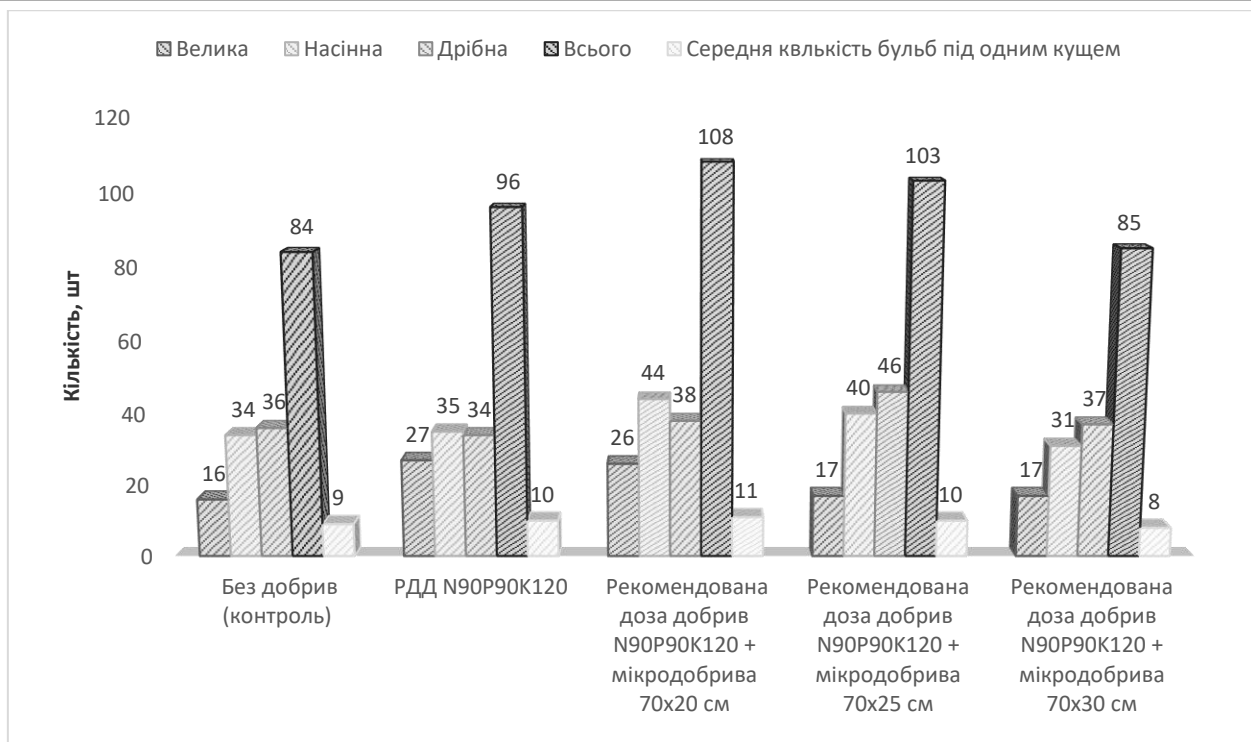


Рис. 11. Кількість бульб сорту Гурман в залежності від варіантів дослідження

За результатами проведених досліджень середня врожайність на варіанті без добрив (контроль) за сортом Арія, при вазі бульб 59 кг з дослідної ділянки, врожайність складала 23,6 т/га, відповідно за сортом Гурман показник врожайності за ваги бульб – 43 кг становила 17,2 т/га. А тому відсоток товарності бульб за сортом Арія складав 91,5 %, за сортом Гурман 89,3 %. На варіанті рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ врожайність за сортом Арія складала 25,2 т/га за ваги бульб 63 кг. За сортом Гурман вага бульб становила 67 кг відповідно врожайність складала 26,8 т/га.

Відсоток товарності бульб на даному варіанті з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ складав за сортом Арія – 93,5, а за сортом Гурман – 92,1 (табл. 5).

Найвища врожайність спостерігалася на варіанті з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ з обробкою мікродобривами та площею живлення 70×20 см за ваги бульб у сорту Арія – 128 кг, та у сорту Гурман – 129 кг урожайність складала 51,2 т/га.

Найвищий показник відсотка товарності спостерігався на площі живлення 70×30 см з внесенням рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ з обробкою мікродобривами, за сортом Арія показник відсотка товарності складав – 94,3 %, відповідно за сортом Гурман – 92,0 %.

Таблиця 5

**Врожайність сортів Арія та Гурман залежно
від площі живлення та дози внесених добрив**

Варіанти дослідів	Вага бульб варіанту, кг		Урожайність, т/га	
	Арія	Гурман	Арія	Гурман
Без добрив (контроль) (70 × 30 см)	59	43	23,6	17,2
Рекомендована доза добрив N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ (70 × 30 см)	62	67	24,8	26,8
Р.Д.Д. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + мікродобрива (70 × 20 см)	128	129	51,2	51,2
Р.Д.Д. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + мікродобрива (70 × 25 см)	84	83	33,4	32,9
Р.Д.Д. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + мікродобрива (70 × 30 см)	89	77	35,1	30,5
НІР ₀₅	12,2	12,1	4,1	3,3

На усіх інших варіантах показники врожайності картоплі за період проведення досліджень становили на площі живлення 70 × 25 см по сорту Арія за ваги бульб 82 кг урожайність складала 32,9 т/га, а на площі живлення 70 × 30 см урожайність за ваги бульб 78 кг складала 31,1 т/га. Відповідно за сортом Гурман урожайність на площі живлення 70 × 25 см за ваги бульб 80 кг складала 32,0 т/га, а на площі живлення 70 × 30 см вага бульб складала 68 кг, а урожайність 27,2 т/га.

Відсоток товарності за сортом Арія на площі живлення 70 × 20 см становив 92,7 %; 70 × 25 см – 92,4 %. По сорту Гурман показник відсотка товарності складав на площі живлення 70 × 20 см – 90,7 %; 70 × 25 см – 88,4 %.

За роки проведення досліджень найменший приріс врожаю у сорту Арія спостерігався на площах живлення 70 × 30 см та 70 × 25 см, а саме 5,9 т/га та 7,7 т/га. А найбільший приріст врожаю спостерігався на площі живлення 70 × 20 см – 27,8 т/га. За сортом Гурман найменший приріст врожаю також спостерігався на площах живлення 70 × 30 см та 70 × 25 см, а саме 5,5 т/га та 0,4 т/га. Найбільший приріст на площі живлення 70 × 20 см – 24,4 т/га.

Тому, за внесення рекомендованої дози добрив з додаванням мікродобрив збільшення врожаю спостерігалось на усіх дослідних ділянках з різними площами живлення як за сортом Арія, так і за сортом Гурман.

ЧАСТИНА 5

ВПЛИВ ТРИВАЛИХ АНТРОПОГЕННИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ВМІСТ РУХОМОГО АЛЮМІНІЮ В ЯСНО-СІРОМУ ЛІСОВОМУ ПОВЕРХНЕВО ОГЛЕСНОМУ ҐРУНТІ

Вступ

Серед галузей економіки сільське господарство найбільш відчутно реагує на кліматичні зміни останніх десятиліть. Від того як воно адаптується до трансформації погодних умов буде залежати майбутнє продовольчої безпеки України. Серед проблемних ґрунтів щодо їх сільськогосподарського використання FAO особливо виділяє кислі ґрунти, які мають широке розповсюдження і в Україні ^{222, 223}.

На сьогодні через відчутні зміни клімату проблема ефективного та екологічно безпечного використання кислих ґрунтів загострюється. Кислотна деградація, яка відбувається внаслідок як природних (зміни клімату), так і антропогенних (незбалансованого застосування або цілковитої відсутності добрив) навантажень, спонукає вчених до проведення теоретичних і прикладних досліджень, спрямованих на пізнання процесів, що обумовлюють ґрунтову кислотність, природа якої вельми складна і до останнього часу остаточно не з'ясована. Саме ацидоморфний процес ґрунтоутворення, тобто походження ґрунтової кислотності, має важливе значення для системного управління родючістю кислих ґрунтів.

Перехід на нові форми господарювання, зміна клімату, підвищення кислотності, застосування непропорційного співвідношення добрив в умовах інтенсивного аграрного виробництва спричиняють посилення деградації ґрунтів і ґрунтового покриття ²²⁴.

Підкислення ґрунту стає все більшою проблемою для продовольчої безпеки через утворення вільного іона алюмінію (Al^{3+}),

²²² FAO and ITPS. Status of the world's soil resources (SWSR) – Main report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. Rome, Italy. 2015. Available: <https://www.fao.org/3/i5199e/i5199e.pdf>.

²²³ Ткаченко М. А. Борис Н. Є. Оптимізація живлення сільськогосподарських культур за фізико-хімічної деградації кислих ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2021. Том 99. № 1. С. 15–22. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202101-02>.

²²⁴ Threat of degradation of agricultural land in Ukraine through a negative balance of nutritional elements in growing of field cultures / V. Lykhochvor et al. *Journal of Elementology*. 2022. 27 (3). 695–707. DOI: 10.5601/jelem.2022.27.2.2290 <http://jsite.uwm.edu.pl/articles/view/2290>.

який є токсичним для сільськогосподарських культур²²⁵.

Дуже часто власне кислу реакцію ґрунтового розчину пов'язують із наявністю в ґрунті потенційно рухомих сполук алюмінію та вважають, що саме висока токсичність алюмінію (Al) є найбільш поширеним і дуже шкідливим впливом кислотності ґрунту для рослин, мікробного співтовариства та навколишнього середовища^{226, 227}. Особливо аюмотоксичність є найнебезпечнішою у ґрунтах із низькою концентрацією іонів магнію та кальцію²²⁸.

За Р. С. Трускавецьким, Ю. Л. Цапко у ґрунтовому розчині при підкисленні рухомий алюміній з'являється нижче ізоелектричної точки, яка у більшості ґрунтів знаходиться за значення рН нижче 4,5²²⁹. При низькому значенні рН (приблизно 4,3) тривалентний алюміній (Al^{3+}) є найпоширенішою формою і має найбільший вплив на ріст рослин, займаючи більшу частину негативних зарядів в кислих ґрунтах²³⁰. Навпаки, осаджений або хелатований Al з органічними сполуками не є токсичним для рослин²³¹.

Власне алюміній за своєю хімічною природою є амфотерною речовиною, що утворює кристалічні мінерали, аморфні півтораоксиди й широкий спектр комплексів та розчинних сполук. Відтак він великою мірою формує стан поверхні ґрунтової частинки, а отже, різноманітні прояви його рухомості певною мірою формують також

²²⁵ Aluminum mobilization as influenced by soil organic matter during soil and mineral acidification: a constant ph study / K.-wei Li et al. *Geoderma*. 2022. 418. 115853. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115853>.

²²⁶ Foy C. D. Tolerance of durum wheat lines to an acid, aluminum-toxic subsoil. *Journal of Plant Nutrition*. 1996. 19. 10–11. 1381–1394, <https://doi.org/10.1080/01904169609365206>.

²²⁷ Weil R. R., Brady N. C. The nature and properties of soils. 15th (global) ed. 2017. Pearson Education, London. 20. URL: [file:///C:/Users/Admin/Downloads/FrontCoverTableofContentsforWeilBrady15e2016%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Admin/Downloads/FrontCoverTableofContentsforWeilBrady15e2016%20(1).pdf).

²²⁸ Frantzios G., Galatis B., Apostolakos, P. Aluminum effects on microtubule organization in dividing root tip cells of *Triticum turgidum*. *New Phytol*. 2000. 145. 211–224.

²²⁹ Трускавецький Р. С., Цапко Ю. Л. Основи управління родючістю ґрунтів. Харків : ФОП Бровін О. В., 2016. 388 с.

²³⁰ Nine-year impact of grazing management on soil acidity and aluminum speciation and fractionation in a long-term no-till integrated crop-livestock system in the subtropics / A. P. Martins et al. 2020. *Geoderma*. 359. 113986. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113986>.

²³¹ Nogueirol R. C., Monteiro F. A., Azevedo R. A. Tropical soils cultivated with tomato: fractionation and speciation of Al. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2015. 187. 160. DOI: 10.1007/s10661-015-4366-0.

умови рухомості інших елементів ²³², ²³³.

Згідно з дослідженнями Kisnierienė і Lapeikaitė, алюміній при $\text{pH} > 5$ повністю виділяється із розчину у вигляді $\text{Al}(\text{OH})_3$ ²³⁴. Тривалентний Al^{3+} є найбільш токсичною формою Al для рослин і тварин, а активність Al^{3+} у рівні 1–10 мкМ у ґрунтовому розчині може завдати шкоди багатьом культурам ²³⁵, ²³⁶. Щоб зберегти (Al^{3+}) на субмікромолярних рівнях, рН ґрунту має підтримуватися вище 5,0 ²³⁷.

Однак, часто з появою рухомого алюмінію спостерігається гальмування подальшого підкислення мінеральних ґрунтів. Вагомими є дослідження стосовно ролі алюмінію у таких складних біологічних об'єктах, як ґрунти, проведені у ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського». В результаті експерименту встановлено, що гумусові кислоти ґрунту активно нейтралізують підкислюючу дію алюмінію. При цьому нейтралізувальна здатність фульвокислот значно вища ніж гумінових. Висока буферна дія ФК щодо алюмінію пояснюється їх більшою спорідненістю з іонами цього елемента на відміну від гумінових кислот, які активніше утворюють органо-мінеральні сполуки з кальцієм ²³⁸. Отже, гумусові кислоти, попри власну відносно високу кислотність не тільки не підкислюють ґрунтовий розчин зі сполуками алюмінію, а відіграють роль буферного механізму щодо кислотного та алюмінієвого навантаження.

Водночас проблема глобального потепління вносить також вагомі корективи у дослідження механізмів стійкості до алюмінієвої токсичності та умов, що послаблюють або посилюють їх. Відтак дослідження механізмів стійкості до алюмінієвої токсичності та факторів, що впливають на них, є надзвичайно актуальними. Таким

²³² Цапко Ю. Л. Вплив алюмінію на кислотно-основну рівновагу ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 10. С. 12–15.

²³³ Чешко Н. Ф. Застосування термодинамічного підходу до оцінки рухомості алюмінію в ґрунтах. *Вісник ХНАУ : Ґрунтознавство*. 2013. № 1. С. 39–44.

²³⁴ Kisnierienė V. Lapeikaitė I. When chemistry meets biology: the case of aluminium – a review. *Chemija*. 2015. 26. 148–158.

²³⁵ Hue N. V. Alleviating soil acidity with crop residues. *Soil Sci*. 2011. 176. 543–549. URL: https://www.ctahr.hawaii.edu/huen/Hue_SS_2011.pdf.

²³⁶ Aluminum / F.P.C. Blamey et al. In: Barker AV and Pilbeam D.J. (eds). *Handbook of plant nutrition*, 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, F.L. 2015. 567–605.

²³⁷ Hue N. V. Soil Acidity: Development, Impacts, and Management. In: Giri, B., Kapoor, R., Wu, Q.S., Varma, A. (eds.) *Structure and Functions of Pedosphere*. Springer, Singapore. 2022. 103–131. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8770-9_5.

²³⁸ Цапко Ю. Л., Десятник К. О., Огородня А. І. Меліорація кислих ґрунтів – сучасні погляди і шляхи розвитку. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2018. № 87. С. 11–15. <https://doi.org/10.31073/acss87-02>.

чином реалізація досліджень зміни вмісту сполук рухомого алюмінію залежно від доз внесення меліоранту дає змогу запропонувати й втілити у практику технології, які побудовані на принципах охорони ґрунтових ресурсів, посилення процесів саморегуляції та відновлення сталого функціонування агроєкосистем.

Тому основною метою досліджень було встановити науково обґрунтовані дози хімічного меліоранту, що знижують вміст сполук рухомого алюмінію, забезпечують стабілізацію екологічної безпеки порівняно із первинним ґрунтоутворенням під лісом і перелогом та високу продуктивність агроценозів ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтів.

Матеріали та методи досліджень. Найбільш репрезентативним методом досліджень теоретичних і практичних основ збереження родючості ґрунтів, в тому числі походження ґрунтової кислотності, ролі алюмінію у її формуванні, а також алюмінієвої токсичності є польовий стаціонарний дослід. Власне у базових стаціонарних дослідках можна одержати найбільшу інформацію, що ґрунтується на глибоких наукових розробках щодо походження ґрунтової кислотності та ролі алюмінію у її формуванні, а також алюмінієвої токсичності.

Науково-дослідна робота виконувалася у класичному стаціонарному досліді лабораторії агрохімії Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН (49 47'54.3"N 23 52'26.9"E) закладеному в 1965 р. та занесеному у реєстр довгострокових стаціонарних польових дослідів НААН (атестат реєстрації НААН № 29)²³⁹.

Стаціонарний дослід розміщений в натурі на трьох полях, кожне з яких налічує 18 варіантів у триразовому повторенні. Розташування варіантів одноярусне, послідовне. Загальна площа ділянки становить 168 м², облікова – 100 м². Агрохімічна характеристика орного шару ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту (згідно з міжнародною класифікації Albic Stagnic Luvisol²⁴⁰) до закладки досліді така: вміст гумусу (за Тюріним) 1,42 %, рН_{KCl} 4,2, гідролітична кислотність (за Каппеном) 4,5, обмінна (за Соколовим) – 0,6 мг-екв/100

²³⁹ Стаціонарні польові досліді України. Реєстр атестатів / за ред. А. С. Заришняка, С. А. Балюка, М. В. Лісового. К. : Аграрна наука, 2014. 146 с.

²⁴⁰ IUSS Working Group WRB, 2022. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria. Available: https://www3.ls.tum.de/fileadmin/w00bds/boku/downloads/wrb/WRB_fourth_edition_2022-12-18.pdf.

г ґрунту, вміст рухомого алюмінію 60,0, рухомого фосфору (за Кірсановим) і обмінного калію (за Масловою) – відповідно 36,0 і 50,0 мг/кг ґрунту.

Дослід від початку ведення був закладений у семипільній сівозміні: картопля – ярий ячмінь з підсівом конюшини – конюшина лучна – пшениця озима – цукрові буряки – кукурудза на силос – пшениця озима. Систематичне вапнування та внесення високих доз фосфорно-калійних добрив протягом п'яти ротацій сівозміні стабілізували кислотність ґрунтового розчину і сприяли нагромадженню у ґрунті значної кількості доступних для рослин форм фосфору і калію. Починаючи з VI ротації проведено часткову реконструкцію даного дослідження, що полягала у вивченні ефективності та тривалості післядії вапнування, залишкового фосфору і калію при помірному азотному живленні з переходом на менш інтенсивну 4-пільну сівозміну: кукурудза на силос – ячмінь ярий з підсівом конюшини – конюшина лучна – пшениця озима зі збереженням рівнів удобрення і вапнування ²⁴¹.

Однак, традиційна хімічна меліорація кислих ґрунтів, зокрема вапнування дозами вапна розрахованими за гідролітичною кислотністю, на практиці веде як до зайвих витрат вапнякових матеріалів, так і до перевапнування, що вкрай негативно відображається на екологічній ситуації ²⁴². Вирішальним чинником для збереження та покращення родючості, забезпечення стійкості ґрунту є стабільність оптимального вмісту кальцію в ньому. Розв'язання проблематичного питання лежить в площині застосування інноваційних агрозаходів, розраховуючи дозу вапна за графіком рН-буферності. Метод розроблено в ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» ²⁴³. Тому перед початком IX ротації сівозміні проведено чергове вапнування як за гідролітичною кислотністю, так і за рН-буферністю варіантів ідентичних систем удобрення згідно з схемою дослідження.

²⁴¹ Габрієль А. Й., Оліфір Ю. М. Тривалий стаціонарний дослід Інституту сільського господарства Карпатського регіону в контексті його 50-річного функціонування. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Вип. 58 (I). С. 30–40.

²⁴² Impact of long term integrated nutrient management (INM) practice on aluminium dynamics and nutritional quality of rice under acidic Inceptisol / A. Patra et al. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2020. 68(1). 31–43. <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1821372>

²⁴³ Трускавецький Р. С. Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції. Харків : Нове слово, 2003. 225 с.

Агротехніка вирощування культур, обробіток ґрунту і догляд за посівами загальноприйняті для умов зони Західного Лісостепу.

В досліді застосовували напівперепрілий гній ВРХ на солом'яній підстилці, аміачну селітру (34,5 %), гранульований суперфосфат (19,5 %), калійну сіль (40 %), нітроамофоску (NPK по 16 %) (при використанні нітроамофоски вміст NPK збалансовували згідно рівням удобрення простими добривами). Гній (40–60 т/га) вносили під кукурудзу. Фосфорно-калійні добрива вносили восени, а азотні – під передпосівну культивуацію. У семипільній сівозміні вапнування проводили згідно з схемою досліду 0,5; 1,0 та 1,5 нормами CaCO_3 розрахованими за гідролітичною кислотністю. Як вапнякові матеріали за весь період досліджень використовували вапнякове борошно (93,5 % CaCO_3). Починаючи з VIII ротації другий укіс конюшини лучної заорювали як органічне добриво на всіх варіантах досліду.

Дослідження зміни вмісту рухомого алюмінію залежно від тривалого удобрення та періодичного вапнування проводили у всіх варіантах. У статті подаємо найбільш репрезентативні варіанти: абсолютного контролю (без внесення добрив), органічної системи удобрення (10 т/га сівозмінної площі гною), органо-мінеральної системи удобрення (10 т/га сівозмінної площі гною + $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$) на фоні періодичного вапнування 1,0 н CaCO_3 за НГ (6,0 т/га вапнякового борошна) та аналогічної системи удобрення на фоні внесення оптимальної дози вапна, розрахованої за кислотно-основною буферністю (2,5 т/га); мінеральної системи удобрення ($\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$) на фоні вапнування 1,5 н CaCO_3 за НГ (9,0 т/га) і на фоні внесення CaCO_3 за кислотно-основною буферністю (2,5 т/га) та мінеральної ($\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$) системи удобрення (табл. 1).

Дослідження міграції рухомого алюмінію проводили у закладених профілях ґрунту під лісом, на перелозі та на найбільш репрезентативних варіантах стаціонарного досліду: абсолютного контролю (без внесення добрив), органо-мінеральної системи удобрення (10 т/га сівозмінної площі гною + $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$) на фоні періодичного вапнування 1,0 н CaCO_3 за НГ (6,0 т/га вапнякового борошна) та мінеральної системи удобрення ($\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$).

Зразки ґрунту для визначення фізико-хімічних властивостей відбирали після закінчення кожної з наступних ротацій на досліджуваних варіантах з орного шару ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту (0–25 см) та готували до аналізів згідно з ДСТУ ISO 11464-2001. Лабораторно-аналітичні дослідження

виконували в сертифікованій лабораторії Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН.

Таблиця 1

**Схема досліджуваних варіантів польового стаціонарного дослідів
(IX, X ротації)**

Система удоб- рення	Внесено на 1 га сівозмінної площі			Куку- рудза на силос	Ячмінь ярий + конюши- на лучна	Коню- шина лучна	Пшениця озима
	норма вапна	гній, т	NPK, кг д.р.				
Без добрив (конт- роль)	—	—	—	—	—	—	—
Органіч- на	—	10	—	Гній, 40 т/га	—	—	—
Органо- мінера- льна на фоні вапну- вання	1,0 норма за Нг (6,0 т/га)	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	Гній, 40 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	—	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
	Оптимі- альна за кисл.-осн. буферн. (2,5 т/га)	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	Гній, 40 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	—	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
Мінера- льна	—	—	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	—	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
Мінера- льна на фоні вапну- вання	1,5 норма за Нг (9,0 т/га)	—	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	—	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅
	Оптимі- альна за кисл.-осн. буферн. (2,5 т/га)	—	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	—	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅

Визначення рН_{KCl} проводили потенціометричним методом при співвідношенні ґрунту до розчину 1.0 н KCl 1 : 2.5 за допомогою рН-метра «рН-301» та скляних електродів (ДСТУ ISO 10390:2007).

Гідролітичну кислотність визначали титриметричним методом у витяжці 1,0 н розчину CH_3COONa при співвідношенні ґрунту до розчину 1:2,5, струшування протягом 1 год та титруванням 0,1 н розчином NaOH . Вміст рухомого алюмінію визначали за методом Соколова (екстракція 1,0 н KCl (1 : 2,5), струшування протягом 1 год з наступним титруванням після 5 хв кип'ятіння у гарячому стані 0,02 н розчином NaOH ²⁴⁴.

Статистичну обробку отриманих результатів досліджень здійснювали з використанням програмного забезпечення OriginPro. Дані порівнювали за допомогою тесту Tukey. Відмінності між зразками вважали статистично значущими при $p < 0,05$. Дані в таблицях представлені як середнє арифметичне зі стандартним відхиленням ($\bar{x} \pm \text{SD}$).

Результати та обговорення. Для теоретичного обґрунтування багатьох процесів, які відбуваються в ґрунті на різних стадіях еволюції, в тому числі внаслідок інтенсивного антропогенного впливу, важливе значення мають також кислотно-основні властивості. Вони є найбільш динамічними показниками фізико-хімічних властивостей ґрунтів, інтенсивно змінюються у просторі й часі залежно від трансформації елементарних ґрунтових процесів і під впливом агрогенної еволюції ґрунтів ²⁴⁵.

Дослідження показали, що в умовах ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту вміст сполук рухомого алюмінію тісно пов'язаний із величиною кислотності (pH_{KCl} і гідролітичної), системами удобрення, їх післядії та сівозмінного фактору.

Включення ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту в систему інтенсивного землеробства без внесення добрив і вапна та одностороннє внесення мінеральних добрив призводить до подальшого погіршення його властивостей та зростання вмісту сполук рухомого алюмінію.

Найвищий вміст сполук рухомого алюмінію 92,0 і 132,0 мг/кг ґрунту у варіантах контролю та мінеральної системи удобрення після проходження п'яти семипільних ротацій при pH_{KCl} відповідно 4,1 і 3,8 та Hg 5,20 і 6,43 мг-екв/100 г ґрунту (рис. 1, табл. 2). У дослідженнях Chen, зниження pH також призводило до вивільнення обмінного Al в ґрунтовий розчин, внаслідок чого підвищувалась його концентрація в

²⁴⁴ Городній М. М. Агрохімічний аналіз. 2-ге видання. К. : Арістей, 2005. 476 с.

²⁴⁵ Підвальна Г. С., Позняк С. П. Гумусовий стан автоморфних ґрунтів Пасмового Побужжя. Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. 192 с.

грунті ²⁴⁶.

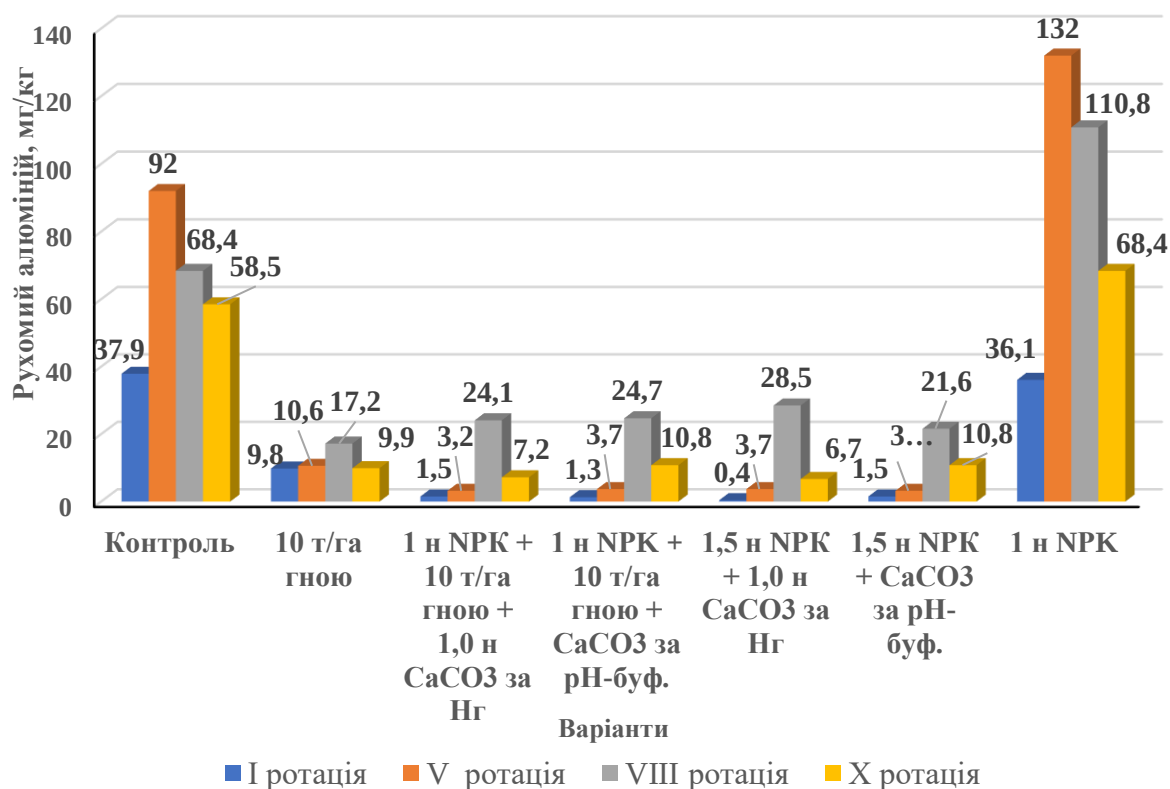


Рис. 1. Динаміка рухомого алюмінію по ротаціях залежно від тривалого антропогенного впливу, мг/кг

У дослідженнях гумусного стану вказаних варіантів в кінці V ротації у складі органічного вуглецю вміст фульвокислот складав відповідно 0,54–0,63 %, вміст гумінових кислот – 0,26 %, а співвідношення Сгк : Сфк становило 0,48–0,41, що згідно з класифікацією В. К. Пестрякова характеризує фульватний тип гумусу. При цьому у фракції фульвокислот вміст найбільш рухомих та «агресивних» ФК був найвищим і становив відповідно на контролі 0,11–0,13 %, а у варіанті мінеральної системи удобрення 0,23 % ²⁴⁷. Водночас це сприяло додатковій мінералізації гумусу ²⁴⁸. Адже відомо,

²⁴⁶ Distribution and phytotoxicity of soil labile aluminum fractions and aluminum species in soil water extracts and their effects on tall fescue / F. M. Chen et al. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2018.163. 180–187. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.07.075>.

²⁴⁷ Габріель А. Й., Снітинський В. В., Тимошук І. В. Формування гумусного стану ясно-сірого лісового ґрунту під впливом тривалого використання добрив і вапна. *Науковий вісник Львівської національної академії ветеринарної медицини імені С.З. Гжицького*. 2006. Том 8. № 2 (29). Ч. 4. С. 25–30.

²⁴⁸ Diagnosis of the functional state of transformed acid soils agroecosystems depending on long-term anthropogenic loads / Y. Olifir et al. 2021. *Agronomy Research*. 19 (3). 1627–1639. <https://doi.org/10.1515/AR.21.109>

що розчинна органічна речовина легко піддається вимиванню та транспортуванню, спричиненому вітром і водою (ерозія), завдяки чому родючість ґрунту знижується²⁴⁹.

Таблиця 2

Динаміка кислотності по ротаціях залежно від тривалого антропогенного впливу, мг/кг ґрунту

Зміст варіантів	І ротація		V ротація		VIII ротація		X ротація	
	pH _{KCl}	Нг, мг- екв/100 г ґр.	pH _{KCl}	Нг, мг- екв/100 г ґр.	pH _{KCl}	Нг, мг- екв/100 г ґр.	pH _{KCl}	Нг, мг- екв/100 г ґр.
Контроль (без добрив)	4,2	4,50	4,1	5,20	4,4	4,69	4,4	4,29
Гній 10 т/га	4,4	4,70	4,8	3,47	4,7	3,85	4,9	2,57
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + гній 10 т/га + CaCO ₃ 1,0 н за Нг	5,1	3,40	5,4	2,40	4,8	4,04	5,0	3,59
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + гній 10 т/га + CaCO ₃ оптим. за pH буф.	4,8	4,80	5,3	2,67	4,8	3,94	5,0	3,85
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + CaCO ₃ 1,5 н за Нг	5,4	5,40	5,4	2,27	4,7	3,90	5,4	3,41
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + CaCO ₃ оптим. за pH буф.	5,0	5,00	5,8	2,97	4,9	3,40	5,2	4,55
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	4,1	4,10	3,8	6,43	4,2	5,78	4,2	4,63

У варіантах органо-мінеральної та мінеральної систем удобрення на фоні вапнування 1,0 і 1,5 н CaCO₃ за Нг відповідно при pH 5,4, гідролітичній кислотності 2,4 і 2,27 мг-екв/100 г ґрунту в кінці V семипільної ротації вміст сполук рухомого алюмінію знизився до 3,2–3,7 мг/кг ґрунту. За таких умов, в умовах дослід у вказаних варіантах вміст агресивних фульвокислот зменшився до 0,03–0,09 % при достатньо високому 0,2–0,15 % вмісту рухомої фракції

²⁴⁹ Loide V. Relieving the calcium deficiency of field soils by means of liming. *Agronomy Research*. 2010. 8. 415–420.

фульвокислот. Очевидно, в цьому випадку і проявляється висока буферна дія фульвокислот щодо алюмінієвого навантаження з утворенням комплексних органо-мінеральних сполук, про що йдеться й у дослідженнях ²⁵⁰.

Систематичне сумісне застосування різних доз мінеральних добрив, 10 т/га сівозмінної площі гною, 1,0 і 1,5 н за Нг вапна сприяло зниженню також обмінної кислотності орного шару ясно-сірого лісового ґрунту до 0,10–0,28 мг-екв/100 г ґрунту та вмісту рухомого алюмінію до 3,7–10,8 мг/кг ґрунту при їх кількості на контролі відповідно 0,83 і 58,5 мг/кг на кінець X ротації сівозміни. Співвідношення між вмістом рухомого алюмінію й обмінною кислотністю в умовах ясно-сірого лісового ґрунту спостерігається на рівні 0,99, що характеризує високу їх взаємозалежність.

Згідно з дослідженнями ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» алюміній у цих комплексних гетерогенних солях дуже міцно зв'язаний і в межах рН 4,5–7,5, знаходиться у внутрішній частині молекули, тому він не може підкислювати ґрунтове середовище. Деструкція цих комплексів можлива за рН ґрунтового розчину <4,5 (дуже кисла реакція), що спостерігаємо в нашому випадку у варіантах контролю та мінерального удобрення.

Все це підтверджує непереконливість теорії походження ґрунтової кислотності через алюміній і збігається з поглядами З. М. Томашівського про те, що кислотність ґрунту є результатом довготривалого процесу вимивання опадами з ґрунту кальцію і магнію та збагачення його іонами гідрогену – першоджерелом кислої реакції ґрунту ²⁵¹.

Застосування самого гною ВРХ на солом'яній підстилці без вапнування також впливало на нейтралізацію ґрунтової кислотності та вмісту рухомого алюмінію. Відомо, що у його складі міститься досить значна кількість сполук кальцію (0,35–0,45 % СаО на суху речовину, або 5 кг у 1 т гною) ²⁵². У наших дослідженнях внесення гною у нормі 10 т/га сівозмінної площі підвищувало показник рН_{КСІ} до 4,90, а

²⁵⁰ Цапко Ю. Л., Десятник К. О., Огородня А. І. Збалансоване використання та меліорація кислих ґрунтів. Харків : Бровін О. В., 2018. 251 с.

²⁵¹ Підвищення родючості кислих ґрунтів : монографія / З. М. Томашівський та ін. ; 2-ге вид., допов. Львів : СПОЛОМ, 2021. 220 с.

²⁵² Мазур Г. А., Кондратюк І. М., Ткаченко М. А. Баланс кальцію у сірому лісовому ґрунті за різних систем удобрення та хімічної меліорації. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 4. С. 19–22.

гідролітична кислотність становила 2,57 мг-екв/100 г ґрунту на кінець Х ротації сівозміни. Внесення 10 т/га сівозмінної площі гною на фоні післядії фосфорно-калійних добрив та вапнування сприяло підвищенню показника pH_{KCl} до 5,05.

Дослідження показали, що органічна система удобрення (внесення у сівозміні 40 т/га гною) на ясно-сірому лісовому ґрунті) підвищує показник pH_{KCl} на кінець I і V ротацій до 4,4–4,8, знижує гідролітичну кислотність до відповідно 4,70 і 3,47 мг-екв/100 г ґрунту. Як наслідок, вміст сполук рухомого алюмінію знизився до 9,8–10,6 мг/кг. Очевидно, в такому випадку кислотно-нейтралізуюча здатність пов'язана з комплексним використанням органічних речовин ґрунту і гною із рухомими сполуками алюмінію. Відомо, що Al має тенденцію зв'язуватися з органічними речовинами, утворюючи міцні нерозчинні комплекси^{253, 254}.

Неоціненна перевага стаціонарних дослідів в тому, що з тривалістю використання завжди можна внести потрібні корективи на вимоги часу і тим самим підвищити ефективність досліджень.

На кінець VIII ротації у варіанті контролю спостерігається зниження гідролітичної кислотності порівняно із кінцем V семипільної ротації до 4,69 мг-екв/100 г ґрунту в орному шарі, підвищення показника pH до 4,4 проти 4,1, зниження вмісту сполук рухомого алюмінію до 68,4 мг/кг ґрунту. У варіанті мінерального удобрення показник pH_{KCl} зріс до 4,20 проти 3,8 (кінець V ротації), гідролітична кислотність знизилася до 5,78 мг-екв/100 г ґрунту проти 6,43 мг-екв/100 г. При цьому вміст сполук рухомого алюмінію знизився до 110,8 проти 132,0 мг/кг кінця V ротації.

Цьому значною мірою сприяла перед початком VI ротації заміна семипільної сівозміни на чотирипільну з виключенням енергозатратних сільськогосподарських культур, зокрема буряків цукрових, картоплі та пшениці озимої по кукурудзі. Це супроводжувалось зниженням інтенсивності обробітків, а значна кількість органічних кореневих рештків, що нагромаджувались за чотирипільні ротації сівозміни (кукурудза на силос – ячмінь ярий –

²⁵³ Impact of soil acidity influenced by long-term integrated use of enriched compost, biofertilizers, and fertilizer on soil microbial activity and biomass in rice under acidic soil / A. Patra et al. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2021. 21. 756–767. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00398-5>

²⁵⁴ Variations in aluminum fractions within soils associated with different tea (*Camellia sinensis* L.) varieties: Insights at the aggregate scale. / J. Yang et al. *Plant Soil*. 2022. 480. 121–133. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05563-6>.

конюшина лучна – пшениця озима) суттєво вплинули на кругообіг поживних речовин, фізико-хімічні та агрохімічні показники в першу чергу варіантів контролю та низьких рівнів удобрення.

Показники кислотності та вмісту сполук рухомого алюмінію по варіантах дослідів на кінець чотирьохрічної VIII ротації, (в якій ми вивчали післядію внесення вапна та мінеральних добрив) свідчать про те, що періодичне вапнування було і залишається найбільш надійним та ефективним заходом докорінного покращення агроекологічного стану та підвищення родючості ґрунтів з кислою реакцією середовища.

З тривалістю післядії вапна вміст сполук рухомого алюмінію на кінець VIII ротації підвищується до 24,1 і 24,7 мг/кг ґрунту проти 3,2–3,7 мг/кг ґрунту кінця V ротації у варіантах органо-мінеральної системи удобрення та вапнування за Нг.

На кінець X ротації сівозміни у варіанті сумісного застосування органо-мінеральної системи удобрення з внесенням повної норми NPK, 10 т/га гною та 1,0 н CaCO₃ за Нг вміст сполук рухомого алюмінію становить 7,2 мг/кг ґрунту, Нг знизилась до 3,59 при рН 5,0. За ідентичної системи удобрення на фоні вапнування за рН-буферністю вміст сполук рухомого алюмінію становить 10,8 мг/кг ґрунту, Нг – 3,85 мг-екв/100 г ґрунту при рН_{KCl} – 5,0.

За мінеральної системи удобрення на фоні вапнування 1,5 н CaCO₃ показник рН становить 5,4, на фоні внесення вапна за рН-буферністю – 5,2. Гідролітична кислотність при цьому становить відповідно 3,41 і 4,55 мг-екв/100 г ґрунту, вміст сполук рухомого алюмінію відповідно знизився до 6,7–10,8 мг/кг ґрунту.

Подібні результати були отримані у дослідженнях В. Польового та ін., у яких концентрація Al³⁺ була найвищою на невапнованих і удобрених площах. А використання вапнякових добрив (вапнякового борошна та доломіту) на фоні внесення мінеральних добрив, призводило до підвищення значення рН_{KCl}, насичення основами й водночас зменшення вмісту в ґрунті обмінного Al³⁺ ²⁵⁵.

У дослідженнях Szara та ін., вапнування в поєднанні з мінеральними добривами також знижувало сорбційну здатність ґрунту особливо в результаті закріплення аморфних гідроксидів Al і Fe в

²⁵⁵. Influence of climate dynamics and liming on physicochemical soil properties and crop-rotation productivity of North-Western Polissya in Ukraine / V. Polovyy et al. *Soil Science Annual*. 2022. 73 (1). 146856. DOI: <https://doi.org/10.37501/soilsa/146856>.

більш кристалічні форми ²⁵⁶.

Подальше заорювання другого укусу зеленої маси конюшини лучної як добрива також сприяли на кінець X ротації стабілізації показника pH_{KCl} до 4,40 на контролі та 4,20 у варіанті мінерального удобрення, зниженню гідролітичної кислотності до 4,29 на контролі та 4,63 мг-екв/100 г ґрунту за мінеральних систем удобрення. При цьому вміст сполук рухомого алюмінію на кінець X ротації становить 58,5 та 68,4 мг/кг ґрунту відповідно у варіантах контролю та мінерального удобрення.

При тривалому односторонньому застосуванні лише мінеральної системи удобрення обмінна кислотність ґрунту та вміст рухомого алюмінію зростають і є вищими за показники абсолютного контролю та становлять відповідно 1,55 і 110,8 проти 0,83 мг-екв/100 г ґрунту та 68,4 мг/кг ґрунту. Негативний вплив тривалого застосування фізіологічно кислих мінеральних добрив, особливо азотних, на сірих лісових легкосуглинкових ґрунтах підтверджується також іншими дослідженнями ²⁵⁷.

Таким чином, тривале застосування високих доз мінеральних добрив та інтенсивне використання ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту без добрив протягом перших п'яти семипільних ротацій, супроводжуючись зниженням показника pH_{KCl} до 3,8–4,1, зростанням Нг до 6,4–5,2 мг-екв/100 г ґрунту, підвищують вміст сполук рухомого алюмінію до 132–92 мг/кг ґрунту та сприяють подальшій фульватизації гумусу з утворенням рухомих фульватів алюмінію. Сумісне внесення у сівозміні 10 т/га гною, мінеральних добрив і вапна підвищують показники pH_{KCl} до 5,4–5,6, знижують Нг до 2,2–2,3 мг-екв/100 г ґрунту та вміст сполук рухомого алюмінію до 3,7 мг/кг ґрунту. При цьому зменшується вміст «агресивних» фульвокислот до 0,03–0,09 %. Заміна семипільної сівозміни на чотирипільну, зменшення хімічного навантаження, сприяли зниженню кислотності варіантів контролю та мінерального удобрення відповідно до 4,42 і 4,20 одиниць pH_{KCl} , вмісту сполук рухомого алюмінію до 32,0 і 36,9 мг/кг ґрунту. За органо-мінеральної та мінеральної систем

²⁵⁶ Szara E., Sosulski T., Szymańska M. Impact of long-term liming on sandy soil phosphorus sorption properties. *Soil Science Annual*. 70 (1). 2019. 13–20. <https://doi.org/10.2478/ssa-2019-0002>

²⁵⁷ Ткаченко М. А. Меліоративна ефективність застосування комплексної хімічної меліорації на сірих лісових ґрунтах Правобережного Лісостепу. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН*. 2013. Вип. 17. Т. 11. С. 102–105.

удобрення на фоні CaCO_3 за Нг вміст сполук рухомого алюмінію знизився відповідно до 7,2–5,42 мг/кг. За ідентичних систем удобрення на фоні внесення вапна за рН-буферністю вміст сполук рухомого алюмінію становить 6,7–10,0 мг/кг ґрунту.

Концентрація алюмінію в ґрунтовому розчині залежить головним чином від рН ґрунту, як це спостерігали та доводили багато дослідників. Проте вплив рН ґрунту на поведінку Al сильно змінюється наявністю комплексоутворювальних фракцій органічної речовини ґрунту. Розподіл органічно зв'язаних форм Al між твердою та рідкою фазами ґрунту є результатом кількох рівноважних процесів. Алюміній може утворювати рухливі, легкорозчинні комплекси з низькомолекулярною органікою, але він також може зв'язуватися в нерозчинні органічні комплекси²⁵⁸.

На кінець IX ротації найвищий вміст гумусу 1,93–1,92 % забезпечують органо-мінеральні системи удобрення за сумісного внесення повної ($\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$) дози мінеральних добрив на фоні 10 т/га сівозмінної площі гною та 1,0 н за гідролітичною кислотністю (Нг) вапна. При цьому запаси гумусу зросли відповідно на 12,33 і 12,06 т/га порівняно з контролем без добрив. За даної системи удобрення на фоні вапнування 0,5 н CaCO_3 за Нг вміст гумусу суттєво нижчий і становить 1,74 %, а запаси знизилися на 4,93–5,20 т/га.

Сумісне внесення у сівозміні половинної дози мінеральних добрив $\text{N}_{30}\text{P}_{34}\text{K}_{34}$, 10 т/га гною та 1,0 н вапна за Нг за впливом на вміст гумусу та його запаси в умовах ясно-сірого лісового ґрунту практично рівноцінне внесенню повної дози NPK, 10 т/га гною на фоні вапнування оптимальною дозою за рН буферністю і становлять відповідно 1,77–1,76 %, а запаси 48,50–48,22 т/га.

Довготривале систематичне внесення (55 років) самих мінеральних добрив підвищувало вміст гумусу на кінець IX ротації до 1,58 %, проти 1,48 % на контролі, а його запаси зросли до 43,29 проти 40,55 т/га варіанту без добрив. Дана система удобрення на фоні вапнування сприяла підвищенню вмісту гумусу до 1,69 %, що свідчить про те, що на кислих ясно-сірих лісових ґрунтах ефективність мінеральних добрив за впливом на процеси гуміфікації значно зростає при вапнуванні. При цьому слід підкреслити, що поєднання кальцію з

²⁵⁸ Possible method of aluminium speciation in forest soils / O. Drabek et al. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2003. V. 97(1). P. 8–15. [https://doi.org/10.1016/S0162-0134\(03\)00259-9](https://doi.org/10.1016/S0162-0134(03)00259-9).

органічною речовиною ґрунту створюють дуже важливий хімічний комплекс для посилення живлення рослин.

За впливом на процеси гумусоутворення мінеральна система удобрення протягом перших чотирьох років внесення вапна за гідролітичною кислотністю з розрахунку 1,5 н CaCO_3 практично рівноцінна аналогічній системі удобрення при дозі CaCO_3 розрахованій за кислотно-основною буферністю.

Зниження вмісту загального гумусу та його запасів у варіанті орґано-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування дозою CaCO_3 розрахованою за кислотно-основною буферністю порівняно із дозою вапна за Нг після чотирьох років IX ротації зумовлене в першу чергу тим, що систематично протягом попередніх восьми ротацій вміст гумусу за внесення вапняково-сірчаних відходів Роздільського гірничо-хімічного комбінату був суттєво нижчим і становив в кінці VIII ротації 1,72 %.

Орґанічна система удобрення, з внесенням один раз у сівозміні під кукурудзу 40 т/га гною (10 т/га сівозмінної площі) забезпечувала підвищення вмісту загального гумусу до 1,71 % та його запаси на 6,30 т/га перевищували контрольний варіант.

Внаслідок проведених досліджень встановлено, що у короткоротаційних сівозмінах на ясно-сірому лісовому ґрунті періодичне внесення хімічного меліоранту дозою розрахованою за рН-буферністю забезпечувало зниження вмісту сполук рухомого алюмінію в орному шарі до нешкідливих величин та покращення фізико-хімічних властивостей.

Також в умовах тривалого стаціонарного досліді було проведено дослідження, щодо вивчення міграції сполук рухомого алюмінію на ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах за різних антропогенних навантажень порівняно із первинним ґрунтоутворенням під лісом і перелогом (як аналог природних цілинних ґрунтів) та досліджено їх вплив на ґрунтоутворювальні процеси.

Основний в складі ґрунту алюміній (Al^{3+}) має значний вплив на встановлення кислотно-лужної рівноваги в ґрунтах, відіграючи тим самим важливу роль у формуванні родючості. У ґрунтах різного складу і генезису його вміст істотно змінюється залежно від ґрунотвірної породи. У підзолистих та дерново-підзолистих ґрунтах в ілювіальних (I) горизонтах алюмінію буває у 1,5–2,0 рази більше, ніж

в елювіальних (Е) горизонтах ²⁵⁹.

Значення Al в ґрунтоутворенні та родючості ґрунтів дуже велике: по-перше, алюміній відіграє конституційну роль, оскільки алюмосилікати найбільш розповсюджені ґрунтові мінерали – вони становлять до 85% маси земної кори, по-друге, Al достатньо реакційно здатний і утворює різноманітні сполуки, що мігрують по профілю ²⁶⁰. Разом з тим алюміній бере участь у формуванні потенційної кислотності ґрунтів (обмінної та гідролітичної), яка несприятливо впливає на ріст і розвиток сільськогосподарських культур. Водночас вміст Al відображається на живленні рослин, утворюючи важкорозчинні фосфати алюмінію, фосфор яких недоступний для рослин ²⁶¹. Згідно з дослідженнями Godsey ²⁶² та Brown ²⁶³ фізичні та хімічні властивості ґрунтів істотно погіршуються за наявності катіонів алюмінію.

Загальна концентрація у ґрунті, склад та доступність алюмінію залежать від рН та хімічного середовища розчину ^{264, 265}. Сполуки Al малорухомі в слаболужному та нейтральному середовищах, однак набирають рухомості у кислотному середовищі, утворюючи розчинні орґано-мінеральні комплекси з фульвокислотами, що й зумовлює його активну міграцію по профілю. Утворені алюмоорґанічні комплекси набувають різноманітних перетворень залежно від екологічних умов. Для ґрунтів підзолистої зони вони закріплюються у складі гумусових речовин. З підвищенням рН, як правило, ці комплекси розкладаються і Al осаджується у вигляді гідрооксидів. У дослідженнях Schroder та

²⁵⁹ Кирильчук А. А., Бонішко О. С. Хімія ґрунтів: основи теорії і практикум: навч. посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 354 с.

²⁶⁰ Назаренко І. І., Беспалько Р. І., Станкевич І. І. Форми та сполуки алюмінію в бурувато-підзолистих оглеєних ґрунтах Передкарпаття різного використання. *Науковий вісник Чернівецького університету: Біологія*. 1998. Вип. 38. С. 83–94.

²⁶¹ Ткаченко М. А., Кондратюк І. М., Борис Н. Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2019. 318 с.

²⁶² „Changes in soil pH, organic carbon, and extractable aluminium from crop rotation and tillage / C. B. Godsey et al. *Soil Science Society of America Journal*. 71. 2007. 1038–1044. <https://doi.org/10.2136/sssaj2006.0170>.

²⁶³ Lime effects on soil acidity, crop yield, and aluminum chemistry in direct seeded cropping systems / T. T. Brown et al. *Soil Science Society of America Journal*. 2008. 72. 634–640. <https://doi.org/10.2136/sssaj2007.0061>.

²⁶⁴ Aluminum, a Friend or Foe of Higher Plants in Acid Soils / E. Bojorquez-Quintal et al. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. 1767.

²⁶⁵ 29. Смірнов О. Є., Таран Н. Ю. Фітотоксичні ефекти алюмінію та механізми алюморезистентності вищих рослин. *Фізіологія рослин і генетика*. 2013. Т. 45. № 4. С. 281–289.

ін., підкислення ґрунту нижче рН 5,0–5,5 збільшує розчинність в ґрунті Al^{3+} й негативно впливає на ріст та врожайність сільськогосподарських культур ²⁶⁶. Крім того, різко зростає рівень та токсичність Al ²⁶⁷.

У дослідженнях Szara та ін., вапнування в поєднанні з мінеральними добривами знижувало сорбційну здатність у всьому піщаному ґрунтовому профілі особливо в результаті закріплення аморфних (гідр)оксидів Al і Fe у більш кристалічні форми.

У кислих ґрунтах з рН < 5,0 фітотоксичний алюміній (Al^{3+}) швидко пригнічує ріст коренів і згодом негативно впливає на поглинання води та поживних речовин рослинами. Це є однією із причин чому при підвищеній концентрації алюмінію в профілі ґрунту коренева система розташовується переважно у верхньому шарі з меншим вмістом алюмінію, що є важливою складовою частиною стійкості культури до кислих ґрунтів ²⁶⁸.

За дослідженнями Souza та ін., на обмінний алюміній значно впливають азотні добрива, знижуючи рН ґрунту. Разом з тим, вищий вміст органічних речовин на поверхні ґрунту знижує концентрацію рухомого Al навіть при нижчому рН ²⁶⁹.

Проведені дослідження міграції сполук рухомого алюмінію в умовах стаціонарного досліді показали, що тривале розорювання та застосування різних доз добрив і вапна на ясно-сірому лісовому поверхнево-оглєсному ґрунті (порівняно із первинним ґрунтоутворенням під лісом і перелогом – аналоги природних цілинних ґрунтів), змінює вміст Al та фізико-хімічні властивості верхніх гумусових горизонтів. Водночас здійснює інтенсивний вплив на розташовані нижче горизонти, тим самим впливаючи на ґрунтоутворювальні процеси, які відбуваються за різного антропогенного навантаження.

Отримані показники фізико-хімічної характеристики варіанту контролю та перелогу свідчать про низьку агроекологічну якість ясно-

²⁶⁶ Soil acidification from long-term use of nitrogen fertilizers on winter wheat / J. L. Schroder et al. *Soil Science Society of America Journal*. 2011. 75. 957–964. doi: <https://doi.org/10.2136/sssaj2010.0187>.

²⁶⁷ Gillespie C. J., Antonangelo J. A., Zhang H. The response of soil pH and exchangeable Al to alum and lime amendments. *Agriculture*. 2021. 11 (6). 547. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060547>.

²⁶⁸ Effect of aluminium on redox-homeostasis of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) / O. E. Smirnov et al. *Biosystems Diversity*. 2020. 28 (4). 426–432. doi:10.15421/012055.

²⁶⁹ Impact of long-term fertilization in no-till on the stratification of soil acidity and related parameters / J. L. B. Souza et al. *Soil and Tillage Research*. 2023. 228. 105624. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105624>.

сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту, зумовлену високою кислотністю (табл. 3).

Таблиця 3

Зміна фізико-хімічних властивостей генетичних горизонтів ясно-сірого лісового поверхнево-оглеєного ґрунту за тривалого антропогенного впливу, кінець IX ротації

Генетичні горизонти	Глибина відбору проби, см	рН _{KCl}	Нг	Сума увібраних основ	Рухомий алюміній, мг/кг грунту	Гумус, %
			мг-екв/100 г			
Без добрив (контроль)						
HEglорн.	0–18	4,22	5,11	3,0	110,3	1,48
HEglп/орн.	19–31	4,18	4,94	2,4	121,5	1,40
Ehgl	32–64	4,31	3,58	5,2	65,3	0,48
Iegl	65–110	4,13	4,20	10,4	91,8	0,28
Igl	111–131	4,22	3,23	6,9	68,4	0,28
IPgl	132–180	4,47	1,40	6,0	27,5	0,47
PIgl	181–200	4,35	2,62	8,0	36,5	0,26
НІР ₀₅		0,15	1,72	3,66	46,50	0,70
Органо-мінеральна система удобрення (N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 10 т/га гною + СаСО ₃ 1,0 н за Нг)						
HEglорн.	0–20	5,18	2,77	10,6	26,1	1,90
HEglп/орн.	21–35	5,05	2,86	7,5	64,8	1,61
Ehgl	36–55	4,90	3,11	8,5	71,1	0,83
Iegl	56–81	4,78	3,46	9,0	79,7	0,64
Igl	82–150	4,90	3,15	11,9	43,2	0,55
IPgl	151–193	4,85	2,98	16,3	32,4	0,51
PIgl	194–215	4,87	2,95	18,9	24,3	0,40
НІР ₀₅		0,18	0,30	5,59	29,88	0,77
Мінеральна система удобрення (N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈)						
HEglорн.	0–22	4,03	5,11	3,0	75,2	1,57
HEglп/орн.	23–35	3,98	5,20	2,8	99,5	1,45
Ehgl	36–61	4,17	4,54	1,5	126,5	0,63
Iegl	62–87	4,00	5,25	5,7	148,1	0,37
Igl	88–150	4,07	2,97	8,0	66,2	0,26
IPgl	151–180	4,04	2,97	13,8	54,5	0,21
PIgl	181–200	4,11	2,80	15,2	36,0	0,31
НІР ₀₅		0,09	1,51	7,17	52,59	0,76

Характеризуючи розподіл рухомого алюмінію у профілі ґрунту, слід зазначити, що за внесення різних доз добрив і вапна найбільша його кількість зосереджена в ілювіальному слабоелювійованому оглеєному горизонті (Iegl). При цьому найвище значення 148,1 мг/кг ґрунту рухомого алюмінію у профілі визначено за тривалого внесення одних мінеральних добрив (табл. 3).

При тривалому застосуванні органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування вміст рухомого алюмінію у гумусово-елювіальному орному горизонті найнижчий – 26,1 мг/кг. Це пов'язано з тим, що при слабокислій реакції ґрунтового розчину (pH_{KCl} 5,18) вміст органічної речовини у верхньому горизонті зріс до 1,90 %, що сприяло зниженню концентрації рухомого Al та зменшенню його токсичності шляхом утворення алюмо-гумусових комплексів.

Подібні результати були отримані у дослідженнях Li та ін., де наявність більшої кількості органічної речовини в ґрунті не тільки покращила їх кислотну буферність, але також пригнічувала нагромадження обмінного та розчинного Al. З глибиною по профілю ґрунту за даної системи удобрення вміст рухомого алюмінію у гумусово елювіальному підорному, елювіальному та ілювіальному слабоелювійованому горизонтах зростає до 64,8–79,7 мг/кг.

В нижніх горизонтах (ілювіальному, перехідному до материнської породи та самій ґрунтотвірній материнській породі) вміст сполук рухомого алюмінію зменшується більше ніж у два рази до 24,3–43,2 мг/кг паралельно зі зростанням суми увібраних основ до 18,9–16,3 мг-екв/100 г ґрунту. Це відбувається в першу чергу внаслідок незначної кількості органічних речовин, що представлені в основному рухомими фульвокислотами, з якими алюміній утворює комплексні органо-мінеральні сполуки.

У варіанті тривалого застосування протягом більше як 55 років лише мінеральної системи удобрення концентрація рухомих сполук алюмінію на кінець IX ротації сівозміни є меншою за контроль без добрив і становить у верхньому родючому гумусово-елювіальному орному та підорному шарах ґрунту відповідно 75,2 і 99,5 мг/кг. З глибиною кількість рухомих сполук алюмінію зростає за даною системи удобрення в елювіально слабогумусованому та ілювіальному сильноелювійованому відповідно до 126,5 і 148,1 мг/кг, та знову знижується в ілювіальному, ілювіальному перехідному та ґрунтотвірній породі відповідно до 66,2, 54,5 і 36,0 мг/кг ґрунту.

Відносно міграції рухомих сполук алюмінію за генетичними горизонтами ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту спостерігається та ж сама закономірність. Однак слід зазначити, що у варіанті використання даного ґрунту без добрив рівень рухомих сполук алюмінію в гумусово-елювіальному орному та підорних горизонтах є найвищим 110,3 і 121,5 мг/кг. З глибиною спочатку знижується в елювіально-слабогумусованому горизонті (32–64 см) до 65,3 мг/кг. Потім різко виділяється накопичення вмісту рухомих сполук марганцю в елювіально-ілювіальному (65–110 см) та ілювіальному (111–131 см) горизонтах відповідно до 91,8 і 68,4 мг/кг, а в ілювіальному перехідному та ґрунотвірній породі знову знижується до рівня 27,5 і 36,5 мг/кг.

За тривалого застосування лише мінеральної системи удобрення вміст рухомих сполук алюмінію порівняно із контрольним варіантом у всіх досліджуваних горизонтах характеризується достатньо високим ступенем забезпечення. Також привертає до себе увагу значне підвищення та накопичення вмісту рухомих сполук марганцю до 148,1 мг/кг в ілювіальному сильноелювійованому горизонті Iegl, що характеризується високою щільністю, низькою фільтраційною здатністю, грубою структурою та високою кислотністю ($\text{pH}_{\text{КСІ}}$ становить 4,00).

Таким чином інтенсивне мінеральне удобрення ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту з низьким вмістом гумусу, так і використання його без добрив, супроводжуючись подальшим підкисленням (до pH 4,03–4,22), є екологічно небезпечним.

З досліджень Berggren та Mulder відомо, що розчинність Al у кислих мінеральних горизонтах ґрунтів контролюється реакцією комплексоутворення з органічними речовинами ґрунту. Адже пул органічно зв'язаного ґрунтового Al сильно контролює розчинність Al у суспензіях кислих ґрунтів²⁷⁰.

У ґрунті під лісом і на контролі без добрив найвищий вміст рухомого алюмінію акумулюється у верхньому гумусовому горизонті – 210,6 мг/кг ґрунту під лісом і 110,3–121,5 мг/кг ґрунту на контролі без добрив. На перелозі вміст рухомого алюмінію коливався від 54,3 мг/кг ґрунту в HEgl до 55,7 мг/кг в горизонті Pgl, тобто характерний рівномірний його розподіл по профілю (табл. 4).

²⁷⁰ Berggren D., Mulder J. The role of organic matter in controlling aluminium solubility in acidic mineral soils horizons. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1995. 59. 4167–4180.

Таблиця 4

**Зміна фізико-хімічних властивостей генетичних горизонтів
ясно-сірого лісового поверхнево-оглеєного ґрунту
під лісом та перелогом**

Генетичні горизонти	Глибина відбору проби, см	pH _{KCl}	Гідролітична	Сума	Рухомий алюміній, мг/кг грунту	Гумус, %
			кислотність (Нг)	увібраних основ		
			мг-екв/100 г ґрунту			
Ліс						
HEgl	5–26	3,72	9,73	1,1	210,6	2,07
Ehgl	27–47	3,86	6,49	0,9	183,0	1,23
Iegl	48–64	3,78	4,51	1,0	90,1	0,53
Igl	65–96	3,83	4,60	6,8	77,7	0,33
Ipgl	97–122	3,83	3,79	11,2	53,7	0,29
Pigl	123–150	3,89	3,42	11,9	48,7	0,26
Pgl	151–173	3,94	3,15	13,7	37,6	0,22
HIP ₀₅		0,09	3,04	7,44	90,08	0,91
Переліг						
HEgl	5–30	4,25	5,59	5,6	54,3	1,74
Ehgl	31–40	4,35	3,41	5,2	45,3	0,46
Iegl	41–61	4,23	3,85	11,2	51,6	0,41
Igl	62–102	4,21	3,50	11,4	50,9	0,28
Ipgl	103–129	4,48	1,31	5,6	20,0	0,21
Pigl	130–150	4,32	2,80	7,4	36,7	0,26
Pgl	151–180	4,23	3,58	11,4	55,7	0,19
HIP ₀₅		0,13	1,67	3,88	16,68	0,72

Дослідженнями в умовах стаціонарного досліду встановлено, що на кінець IX ротації чотирипільної сівозміни кислотність (pH_{KCl}) за профілем ґрунту не значно змінюється. В гумусово-елювіальному орному горизонті (HEgl_{орн.}) pH_{KCl} становить 4,22 одиниці. З глибиною значення pH сольової витяжки змінюється нерівномірно з 4,31 в елювіальному слабогумусованому оглеєному (Ehgl) горизонті до 4,13 одиниці в ілювіальному слабоелювійованому оглеєному (Iegl) та до 4,35 у горизонті PIgl на глибині 181 см. Гідролітична кислотність знижується з 5,11 у гумусово-елювіальному горизонті до 1,40–2,62 мг-екв/100 г ґрунту у горизонтах IPgl та PIgl (табл. 4).

Установлено, що ґрунт під лісом характеризується дуже сильнокислою реакцією ґрунтового середовища усіх генетичних горизонтів 3,72–3,94 одиниць pH_{KCl} . При цьому верхній гумусово-елювіальний оглеєний горизонт (HEgl) відзначається найнижчим значенням pH_{KCl} 3,72 одиниці та найвищим показником гідролітичної кислотності – 9,73 мг-екв/100 г ґрунту (табл. 4).

Слід зазначити, що верхні горизонти (HEgl, Ehgl та Iegl) ґрунту під лісом відзначаються дуже низьким ступенем забезпечення сумою увібраних основ, яка коливається від 0,9 до 1,1 мг-екв/100 г ґрунту. Починаючи з власне ілювіального оглеєного горизонту (Igl) відбувається зростання суми увібраних основ з 6,8 мг-екв/100 г ґрунту в цьому горизонті до 13,7 мг-екв/100 г ґрунту у материнській оглеєній породі (Pgl) внаслідок їх збагачення мулистими фракціями.

Ясно-сірий лісовий поверхнево-оглеєний ґрунт перелогу характеризується кислою реакцією ґрунтового середовища усіх горизонтів, в яких значення pH_{KCl} є нижче 4,5. З глибиною реакція ґрунтового розчину знижується, у власне ілювіальному оглеєному горизонті (Igl) становить 4,21, ближче до оглеєної материнської породи підвищується до 4,32–4,48 одиниці (табл. 4).

Відомо, що властивості ґрунтів значною мірою залежать від складу обмінно-увібраних основ, які є важливим показником агрохімічного стану ґрунту²⁷¹. Вапнування кислих ґрунтів поряд зі зниженням їх кислотності також збільшує кількість основ, і особливо увібраного кальцію, який є коагулятором ґрунтових колоїдів, оберігає їх від руйнування і виносу в нижні горизонти профілю, сприяє утворенню і збереженню стабільних сполук гумусу та створює належні фізичні умови, відіграючи вирішальну роль у структуроутворенні.

Також у ясно-сірому лісовому поверхнево-оглеєному ґрунті під перелогом, порівняно з лісом, відзначено збільшення суми увібраних основ у верхніх горизонтах. Так, у гумусово-елювіальному та елювіальному горизонтах вона становить відповідно 5,6 і 5,2 мг-екв/100 г ґрунту, що характеризує такі ґрунти низьким ступенем забезпеченості основами. Через підвищення мулистих фракцій з глибиною на перелозі, як і під лісом, відзначено збільшення показника суми увібраних основ до 11,4 мг-екв/100 г ґрунту. Згідно Guo та ін., підкислення ґрунту в природних умовах відбувається повільно і може

²⁷¹ Господаренко Г. М., Прокопчук І. В. Трансформація кислотно-основних властивостей ґрунту за тривалого застосування добрив у польовій сівоzmіні. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2014. № 1. С. 8–12.

бути спричинено такими процесами, як розпад органічної речовини та вимивання катіонів надмірною кількістю опадів ²⁷².

Разом з тим основною метою хімічної меліорації не є повна нейтралізація кислотності, але першочергово знизити рівень обмінного Al^{3+} та підвищення рівня обмінного Ca^{2+} у ґрунті ²⁷³.

Ясно-сірий лісовий поверхнево-оглеєний ґрунт з генетично притаманною кислою реакцією ґрунтового розчину на контролі без добрив, відзначається дуже низьким ступенем забезпечення сумою увібраних основ у верхніх гумусових горизонтах. Так, у гумусово-елювіальному орному та підорному шарах вона становить відповідно 3,0 і 2,4 мг-екв/100 г ґрунту і є нижчою ніж на перелозі у горизонті HEgl, що пов'язано виносом Ca та Mg урожаєм сільськогосподарських культур. Це ще раз вказує на важливість і доцільність обов'язкового проведення періодичного вапнування кислих ясно-сірих лісових поверхнево-оглеєних ґрунтів. З глибиною на контролі у нижніх генетичних горизонтах сума увібраних основ підвищується, однак істотно не відрізняється від цілинного ґрунту під лісом та перелогом.

За тривалого застосування у сівозміні органічних і мінеральних добрив у дозі $N_{65}P_{68}K_{68} + 10$ т/га сівозмінної площі гною на фоні внесення 1,0 вапна за Нг відбувся позитивний вплив на реакцію ґрунтового розчину у всіх генетичних горизонтах. При цьому створюються сприятливі умови для розвитку і росту сільськогосподарських культур. Показник pH_{KCl} орного та підорного шарів становить, відповідно – 5,18 і 5,05 одиниць. Нижчими величинами pH_{KCl} , за такого удобрення, характеризуються сезонно оглеєні горизонти Ehgl та Iegl – 4,90 і 4,78 одиниці. При цьому, показник гідролітичної кислотності у межах профілю ґрунту не перевищував 3,46 мг-екв/100 г ґрунту (табл. 3).

За систематичного внесення у сівозміні мінеральних та органічних добрив на фоні періодичного вапнування $CaCO_3$ (1,0 н за Нг) підвищується сума увібраних основ у межах всього генетичного профілю. Так, гумусово-елювіальний орний горизонт (HEglorn.) характеризується середнім ступенем забезпеченості сумою увібраних основ, яка становить 10,6 мг-екв/100 г ґрунту. У підорному гумусово-

²⁷² Significant Acidification in Major Chinese Croplands / J. H. Guo et al. *Science*. 2010. 327 (5968). 1008–1010. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1182570>.

²⁷³ Almaliev M. Research the variation of exchange calcium along the depth of the soil profile after the application of ameliorants. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2022. (LXV) 1. 25–29.

елювіальному горизонті (HEglп/орн.) вона знижується до 7,5 мг-екв/100 г ґрунту, а з глибиною підвищується включно до сильнооглеєної ґрунтотвірної породи (PIGl) до 18,9 мг-екв/100 г ґрунту, що створює певні агроекологічні проблеми через вимивання їх у ґрунтові води.

Установлено, що за мінеральної системи удобрення сума увібраних основ мінімально змінилась у шарі ґрунту 0–35 см, їх більша частина зосереджена в нижніх горизонтах, що пов'язано із винесенням значної кількості основ потоками речовини та енергії в умовах періодичного перезволоження та підкислення мінеральними добривами. Такий їх розподіл у профілі характерний і для ґрунту під лісом.

За тривалого внесення у сівозміні лише мінеральних добрив відбувається значне підкислення ґрунтового розчину. Тому значення показника pH_{KCl} по всьому ґрунтовому профілю є в межах 3,98–4,17 одиниці (табл. 3).

Аналогічну закономірність можна спостерігати щодо зміни у профілі гідролітичної кислотності (Нг). Тривале застосування лише мінеральних добрив у рекомендованій дозі $N_{65}P_{68}K_{68}$ без вапнування підвищило показник Нг з глибиною від 5,11 до 5,25 мг-екв/100 г ґрунту в горизонті Iegl. Зміни значень pH сольового та гідролітичної кислотності можуть бути викликані не тільки тривалим антропогенним впливом, а й зміною кліматичного й агроекологічного стану зони Західного Лісостепу, внаслідок підвищення тепло- і вологозабезпечення території²⁷⁴.

У дослідженнях Souza та ін., тривале внесення мінеральних азотних добрив значно знизило pH ґрунту у верхньому шарі (0–15 см) і глибших шарах ґрунту, особливо при вищих нормах внесення. Незалежно від глибини відбору проб ґрунту, зниження pH було суттєво пов'язане з кількістю внесеного N. Крім того, азотне добриво значно збільшило обмінний Al, але зменшило суму $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$ у всьому верхньому шарі ґрунту та глибших шарах.

У проведених дослідженнях Ghimire та ін., підкислення ґрунту також відбувалося у першу чергу на поверхні ґрунту глибиною до 20 см, потенційно впливаючи тим самим на динаміку поживних

²⁷⁴ Польовий В. М., Лукашук Л. Я., Лук'яник М. М. Вплив кліматичних коливань на розвиток рослинництва в умовах Західного регіону. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 9. С. 29–34. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201909-04>.

речовин, ріст, розвиток і врожайність пшениці ²⁷⁵.

Коефіцієнти кореляції між вмістом гумусу та фізико-хімічними показниками ґрунту по варіантах значно різняться, що свідчить про тісну природу зв'язків між ними. За органо-мінеральної системи удобрення виявлено тісний кореляційний зв'язок між вмістом гумусу та pH_{KCl} ($r=0,927-0,970$), при чому доза вапна не впливає на тісноту цього зв'язку (табл. 5). Це свідчить про значну роль вапнування в цілому не тільки для регулювання кислотного-основного режиму, а й для покращення умов гумусоутворення в профілі ґрунту.

Таблиця 5

Кореляційний зв'язок гумусу з фізико-хімічними показниками у профілі ясно-сірого лісового поверхнево-оглеєного ґрунту

Варіанти досліджень	pH_{KCl}	Гідролітична кислотність	Сума увібраних основ	Рухомий алюміній
		мг-екв/100 г ґрунту		мг/кг ґрунту
Ліс	-0,684	0,987	-0,728	0,963
Переліг	-0,229	0,791	-0,420	0,368
Без добрив (контроль)	-0,301	0,697	-0,865	0,747
Органо-мінеральна система удобрення	0,927	-0,597	-0,570	-0,004
Мінеральна система удобрення	-0,386	0,711	-0,670	0,151

У ґрунті під лісом тісні кореляційні зв'язки виявлено між вмістом гумусу і рухомим алюмінієм ($r = 0,963$), та гідролітичною кислотністю ($r = 0,987$), а також тісний негативний зв'язок із сумою увібраних основ ($r = -0,728$). Це свідчить про формування у ґрунті під лісом органо-мінеральних сполук, пов'язаних саме з алюмінієм. На контролі без добрив також існує тісний кореляційний зв'язок між вмістом гумусу та рухомим алюмінієм, гідролітичною кислотністю і сумою увібраних основ, але виражені вони слабше ніж під лісом (коефіцієнт кореляції становить 0,747; 0,697 та -0,865 відповідно). На перелозі й за внесення лише $N_{65}P_{68}K_{68}$ тісний зв'язок виявлено лише із гідролітичною кислотністю (0,791 та 0,711).

²⁷⁵ Ghimire R., Machado S., Bista P. Soil pH, Soil Organic Matter and Crop Yields in Winter Wheat–Summer Fallow Systems. *Agronomy Journal*. 2017. 109 (2). 706–717. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.08.0462>.

За результатами досліджень на основі кореляційно-регресійного аналізу створена математична модель, яка відтворює зв'язок між фізико-хімічними властивостями генетичних горизонтів ясно-сірого лісового ґрунту під лісом на перелозі та за різних систем удобрення в досліді (табл. 6). Отримане рівняння вірогідне на 95 % рівня імовірності за критерієм Фішера ($F_{\text{факт.}} > F_{05}$), а коефіцієнт рівнянь за критерієм Стюдента.

Таблиця 6

**Моделі зв'язку між фізико-хімічними властивостями
ясно-сірого лісового поверхнево-оглеєного ґрунту**

Варіанти досліджень	Рівняння регресії	R	D, %
Ліс	$Y = 124,4395 - 66,5722X_1 + 8,8218X_1^2 + 0,3827X_2 - 0,0054X_2^2$	0,992	98,4
Переліг	$Y = -180,5181 + 82,6632X_1 - 9,4211X_1^2 - 0,5715X_2 + 0,1375X_2^2$	0,995	99,0
Органо-мінеральна система удобрення	$Y = -271,3405 + 126,9458X_1 - 12,3350X_1^2 - 35,0755X_2 + 5,7108X_2^2$	0,978	95,6
Мінеральна система удобрення	$Y = -529,0588 + 259,2015X_1 - 31,9601X_1^2 + 1,8293X_2 - 0,1775X_2^2$	0,730	53,3

Примітка: Y – вміст гумусу, %; X_1 – рН_{КСІ}; X_2 – гідролітична кислотність (Нг), мг-екв/100 г ґрунту.

Наведений у таблиці 6 множинний коефіцієнт кореляції ($R = 0,730-0,996$) підтверджує тісний зв'язок між включеними до рівнянь показників, а коефіцієнт детермінації ($D = 53,3-99,2$ %), свідчить, про значний вплив рН_{КСІ} (аргумент – X_1) та Нг (аргумент – X_2) на вміст гумусу (функцію – Y).

Отже, фізико-хімічні показники генетичних горизонтів контролю без добрив та мінеральної системи удобрення свідчать про низьку агроекологічну якість, низький потенціал родючості та подальший розвиток підзолистого процесу у ясно-сірому лісовому поверхнево-оглеєному ґрунті в процесі його сільськогосподарського використання. Заходами підвищення родючості та протидії внутрішньогрунтовим деградаційним процесам в умовах ясно-сірого лісового поверхнево-оглеєного ґрунту за тривалого антропогенного впливу є органо-мінеральна система удобрення з внесенням оптимальних доз мінеральних і органічних добрив, зокрема,

N₆₅P₆₈K₆₈ + гною 10 т/га сівозмінної площі на фоні періодичного вапнування. Вказана система удобрення сприяє зниженню вмісту сполук рухомого алюмінію, оптимізації фізико-хімічних показників та створює умови для активізації гумусоутворення.

Фітотоксичність алюмінію є однією з основних проблем, що стосуються формування продуктивності сільськогосподарських культур на кислих ґрунтах.

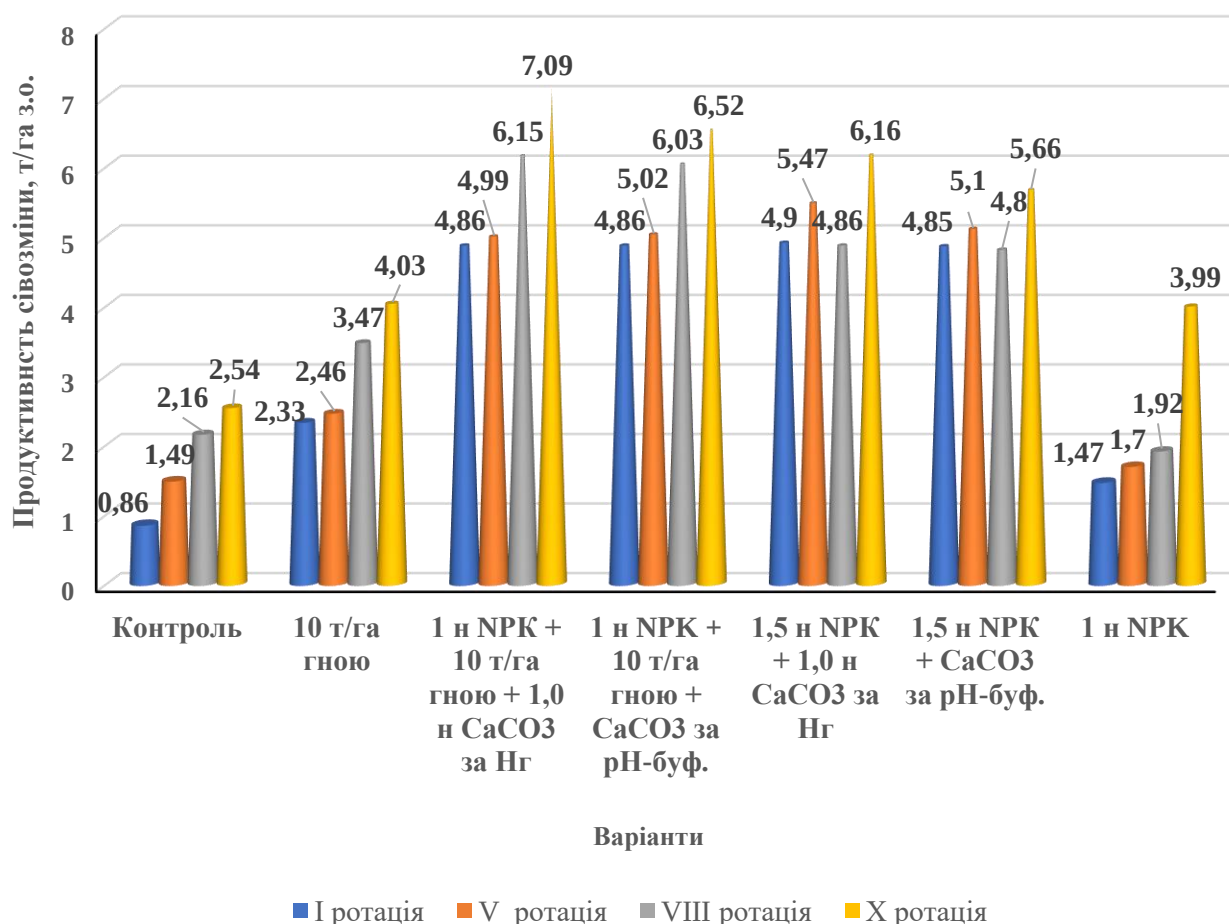


Рис. 2. Зміна продуктивності сівозміни за ротаціями, т/га зернових одиниць

Дослідження проведені в умовах тривалого стаціонарного досліду свідчать, що систематичне удобрення та періодичне вапнування, покращуючи фізико-хімічні властивості ясно-сірого лісового ґрунту зумовлені в першу чергу зниженням кислотності ґрунтового розчину та сполук рухомого алюмінію забезпечують достатньо високий рівень продуктивності: 5,66–7,09 т/га зернових одиниць. Тривале мінеральне удобрення на даному типі ґрунту формує рівень продуктивності на 1,45 т/га з.о. вищу за контроль без добрив і становить на кінець X ротації 3,99 т/га з.о. За органо-мінеральної та мінеральної систем

удобрення на фоні вапнування дозою CaCO_3 за Нг рівень продуктивності лише на 0,57–0,50 т/га з.о. вищий ідентичної системи удобрення на фоні вапнування за рН-буферністю (рис. 2).

Слід зазначити, що прослідковуючи динаміку зміни продуктивності сівозміни за ротаціями відзначено її поступове зростання практично по всіх варіантах, в тому числі й на контролі без добрив. Це відбулося внаслідок впливу в першу чергу сівозмінного фактору, що сприяє нагромадженню значної кількості органічних рештків в тому числі конюшини лучної, правильного підбору вирощуваних культур. Все це разом із застосуванням науково-обґрунтованих систем удобрення забезпечили зниження вмісту сполук рухомого алюмінію, покращення фізико-хімічних та агрохімічних властивостей, що дозволило на малородючих ґрунтах отримувати достатньо високі врожаї вирощуваних культур сівозміни.

Висновки

Проведені дослідження показали, що на ясно-сірому лісовому ґрунті вміст сполук рухомого алюмінію тісно пов'язаний із величиною кислотності (рН_{KCl} та гідролітичною), системами удобрення, їх післядією та сівозмінним фактором. За одностороннього внесення високих доз мінеральних добрив та інтенсивного використання ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту без добрив протягом перших п'яти семипільних ротацій вміст рухомого алюмінію зріс відповідно до 132,0–92,0 мг/кг, що сприяло подальшій фульватизації гумусу з утворенням рухомих фульватів алюмінію.

Заміна семипільної сівозміни на чотирипільну сприяла зниженню на кінець X ротації вмісту сполук рухомого алюмінію до 68,4 за мінеральної системи удобрення та до 58,5 мг/кг у варіанті контролю без добрив. Мінеральна система удобрення в умовах кислого ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту ефективна лише на фоні вапнування. При цьому показник вміст сполук рухомого алюмінію знижується на кінець X ротації до 6,7 мг/кг на фоні вапнування за Нг та до 10,8 мг/кг ідентичної системи удобрення на фоні вапнування дозою CaCO_3 за рН-буферністю.

За орґано-мінеральних систем удобрення на фоні вапнування дозою CaCO_3 за Нг та за рН-буферністю вміст сполук рухомого алюмінію на кінець X ротації знизився відповідно до 7,2 і 10,8 мг/кг. При цьому рівень продуктивності у першому випадку лише на 0,57 т/га зернових одиниць вищий ідентичної ситеми удобрення на фоні вапнування за рН-буферністю.

Залучення ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту у сільськогосподарське використання залежно від інтенсивності впливу супроводжується змінами вмісту сполук рухомого алюмінію та фізико-хімічних властивостей як гумусових, так і нижніх горизонтів. Органо-мінеральна система удобрення на фоні періодичного вапнування, позитивно впливаючи на реакцію ґрунтового розчину (pH_{KCl} становить 5,18, Hg 2,37 мг-екв/100 г ґрунту), знижує вміст сполук рухомого алюмінію у межах генетичного профілю від 26,1 у верхньому до 79,7 мг/кг у горизонті Iegl. При цьому сума увібраних основ зростає до 10,6-18,9 мг-екв/100 г ґрунту.

Тривале використання мінеральної системи удобрення, супроводжуючись підкисленням ґрунтового профілю до 3,98–4,17 одиниць pH_{KCl} , зростанням Hg до 5,11–5,25 мг-екв/100 г ґрунту, зниженням суми увібраних основ верхніх горизонтів до 1,5–3,0 мг-екв/100 г ґрунту в найбільшій мірі підвищує вміст рухомого алюмінію до 126,5–148,1 мг/кг у горизонтах Ehgl та Iegl. На контролі без добрив вміст рухомого алюмінію є найвищим в орному та підорному горизонтах і становить 110,3–121,5 мг/кг ґрунту за pH_{KCl} 4,22–4,18, Hg 5,11–4,94 мг-екв/100 г ґрунту, сумі увібраних основ 3,0–2,4 мг-екв/100 г ґрунту.

У ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті під лісом найвищий вміст алюмінію акумулюється у верхньому гумусовому горизонті й становить відповідно 210,6 мг/кг ґрунту. На перелозі характерний рівномірний розподіл сполук рухомого алюмінію по профілю ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту: 54,3 мг/кг ґрунту в HEgl до 55,7 мг/кг у материнській породі (Pgl).

ЧАСТИНА 6

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ БОБОВО-ЗЛАКОВИХ АГРОФІТОЦЕНОЗІВ НА СХИЛОВИХ ЗЕМЛЯХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Вступ

Успішний розвиток тваринництва залежить від кормової бази, важливим джерелом і поповнення якої є створення високопродуктивних сінокосів, котріб забезпечували максимальний вихід високоякісних кормів з одиниці площі при мінімальних затратах. Досягнення такого ефекту можливе за використання бобових трав, адже бобово-злакові травостої за продуктивністю в 8–10 разів перевищують природні луки ²⁷⁶.

В західній частині Лісостепу значна кількість схилових земель знаходиться в активному обробітку. Водночас, з економічної та екологічної думки, не вигідно і нерационально щороку обробляти схили крутизною понад 3°. На цих землях доцільно провести залуження. Тому враховуючи розораність сільськогосподарських угідь в даному регіоні та значний розвиток ерозійних процесів, актуальним для науки та виробництва є створення високопродуктивних злаково-бобових травостоїв на схилових землях. Основна орієнтація при цьому робиться на науково обґрунтований добір видів трав з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов та їхньої взаємодії у травосумішках.

Зменшенню рівня ерозійних процесів на схилових землях сприяє оптимальний обробіток ґрунту, який є важливим елементом ґрунтозахисного землеробства. Використання маловитратних технологічних способів не лише зменшує інтенсивність ерозії, а й підвищує родючість ґрунту.

Не дивлячись на те, що деякі питання сумісного вирощування бобових і злакових трав вивчені недостатньо, широке розповсюдження одновидових посівів злакових трав неможливе через недостатнє виробництво і дорожнечу азотних добрив. При їх дефіциті актуальним питанням є використання симбіотично фіксованого азоту, яке забезпечується при вирощуванні бобових трав.

В Україні загальна площа сільськогосподарських угідь, що зазнають впливу водної ерозії складає 13,4 млн га, в тому числі

²⁷⁶ Бабич А. О. Світові земельні, продовольчі і кормові ресурси. К. : Аграрная наука, 1996. 556 с.

10,6 млн га орних земель. Ці землі знаходяться в активному обробітку, що призводить до змиву верхнього родючого ґрунту (нараховується 4,5 млн га. середньозмитих та сильно змитих ґрунтів), розвитку ерозійних процесів та втрат поживних речовин і вологи. У Львівській області нараховується 300,6 тис. га еродованих с.-г. угідь, що спричинене високою розораністю (67 %) ²⁷⁷. Ефективна система землекористування потребує комплексного еколого-економічного підходу до землі, як до ресурсу та головного засобу виробництва ²⁷⁸.

Крім цього на даний час постає проблема максимального переведення тваринництва на трав'янисті корми та збільшення кормових ресурсів на основі ефективного використання у луківництві продуктивного потенціалу бобових і злакових багаторічних трав як фактора підвищення білковості та енергонасиченості кормів і найдешевшого джерела азоту.

В сучасних умовах виробництво трав'яних кормів базується на природних кормових угіддях. Разом з тим значні площі розораних раніше угідь на схилових землях не використовуються, стають розсадником бур'янів. З цієї причини такі площі слід залужувати й відновлювати природні контури кормових угідь адаптованими до місцевих умов травосумішками, а наявні луки поверхнево поліпшувати або створювати сіяні ²⁷⁹.

Кращим способом підвищення продуктивності схилових земель є залуження їх багаторічними бобовими травами, а саме способом прямого всівання у ґрунт. Використання лядвенцю рогатого для залуження схилових земель, підвищення продуктивності старосіяних травостоїв та природних гірсько-лучних сіножатей в Прикарпатському регіоні ²⁸⁰.

Аналіз літературних джерел дає підстави стверджувати, що у зв'язку з екологічними проблемами потрібно в структурі посівних площ насичення травами повинно збільшуватись, а польовий період

²⁷⁷ Іршак Р. К. Підвищення продуктивності злаково-бобових травосумішок на еродованих землях, трансформованих із ріллі, в Лісостепу західному : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : 06.01.12. Вінниця, 2009. 23 с.

²⁷⁸ Федько О. В. Обґрунтування виведення еродованих земель із ріллі на консервацію. *Вісник аграрної науки*, 2001. № 1. С. 80–81.

²⁷⁹ Бабич А. О. Кормові і білкові ресурси світу. К. : Аграрна наука, 1995. 298 с.

²⁸⁰ Influence of Agrotechnical Measures on the Quality of Feed of Legume-Grass Mixtures / U. M. Karbivska et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. 9 (4). P. 547–551. DOI: 10.15421/2019_788. WoS.

лукопасовищних сівозмін слід скорочувати до 15–18 %^{281, 282, 283}. Сінокісно-пасовищні угіддя – одне із важливих джерел отримання високоякісних і дешевих трав'яних кормів, в Україні вони забезпечують до 17 % загально річних кормових запасів^{284 285}. При суцільному залуженні еродованих схилів одержання додаткової кількості кормів і підвищення їх якості важливу роль відводиться багаторічним бобовим травам, вибір видового складу яких в зоні Лісостепу є обмежений. Своєрідні екологічні умови на схилах вимагають, щоб трави відзначались високою енергією проростання насіння і пагоноутворення, достатнім довголіттям тощо.

На основі багаторічних досліджень Інституту кормів і інших науково-дослідних установ для сінокісного використання добре використовувати суміш з конюшини лучної, тимофіївки лучної, костриці лучної та стоколосу безостого. В перші два роки використання основу врожаю складає конюшина червона з тимофіївкою лучною, в наступні 2–3 роки тимофіївка з вівсяницею лучною. В майбутньому в загальній врожайності зростає роль стоколосу безостого з домішкою костриці лучної й тимофіївки лучної. Ценотична роль вівсяниці лучної, серед високорослих сінокісних трав з верховим типом облистяності даної сумішки полягає в ущільненні травостою в другому ярусі, що запобігає появі дикорослих видів трав, а також стримуванню (завдяки сильній кореневій системі) передчасного розростання стоколосу безостого. В посушливі роки костриця лучна замінює тимофіївку лучну, яка сповільнює в ці роки процес пагоноутворення. При зрідженні менш зимостійкої вівсяниці лучної її змінює тимофіївка лучна^{286, 287}.

За даними Прикарпатської сільськогосподарської дослідної станції, врожайність травостою слабо залежала від видового складу травосумішки, а більше, від рівня удобрення (двочленів – конюшина

²⁸¹ Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів, 2002. 800 с.

²⁸² Теорія і практика луківництва / Я. І. Мащак та ін. Дрогобич : Коло, 2011. 374 с.

²⁸³ Панас Р. М. Ґрунтознавство. Львів : Новий світ, 2005. 372 с.

²⁸⁴ Бабич А. О., Макаренко П. С., Михайлов К. С. Створення кормових угідь на схилі землях. Київ : Урожай, 1991. 200 с.

²⁸⁵ Білявський Ю. А. Агроекологічна ефективність добрив та способів основного обробітку сірих опідзолених ґрунтів в умовах Полісся. Київ : Урожай, 2002. 149 с.

²⁸⁶ Боговін А. В. Сумішки багаторічних лучних трав та основні напрямки їх вивчення. *Землеробство*. 1974. Вип. 38. С. 61–68.

²⁸⁷ Боговін А. В., Слюсар І. Т., Царенко М. Л. Трав'янисті біогеоценози, їхнє поліпшення та раціональне використання. Київ : Аграрна наука, 2005. 360 с.

повзуча із пажитницею багаторічною, тричленні – плюс костриця червона та чотирьох членні з вище згаданих трьох видів з тонконогом лучним). При включенні у травосумішку сильнорослих очеретянки звичайної і грястиці збірної збір кормових одиниць підвищувався на 15,4 ц/га і складав 114 ц/га. У гірських умовах Карпат найвищі урожаї одержані при включенні в склад пасовищної травосуміші поряд із конюшиною повзучою, конюшини гібридної і лядвенцю рогатого. Із злакових трав в склад травосуміші входили костриця лучна, тимофіївка лучна і грястиця збірна^{288, 289, 290}.

Для ліквідації дефіциту азоту в луківництві важливо мобілізувати біологічне джерело шляхом збагачення лучних травостоїв бобовими компонентами. Створення сіяних травостоїв з підвищеним вмістом бобових – один з перспективних напрямків інтенсифікації в зоні достатнього зволоження²⁹¹. Для збільшення частки бобових компонентів у травосіянні застосовують технологію перезалуження сіножатей і пасовищ, яка включає способи обробітку і повторного окультурення ґрунту, його передпосівну підготовку і залуження²⁹².

Важливим елементом у системі відновлення деградованих лучних угідь є пряме висівання бобових трав у нерозроблену дернину, що спрямоване на зменшення енерго-ресурсозатрат і одержання високої продуктивності та якості корму для згодовування великій рогатій худобі. Застосування прямого всівання бобових трав у травостій дає можливість зменшити енерго-ресурсозатрати у 4–5 разів²⁹³.

Потенційна продуктивність, тобто здатність травостою повніше використовувати поживні речовини ґрунту, добрив і весь комплекс сприятливих умов росту та розвитку лучних трав, залежить від сформованої рослинності.

Серед багатьох чинників, які впливають на ботанічний і видовий склад та структурно-функціональну організацію рослинного покриву

²⁸⁸ Хрестецький К. І. Лядвенець рогатий в горах. Ужгород : Карпати, 1968. 49 с.

²⁸⁹ Ющак В. С. Ефективність удобрення і використання бобово-злакових травосумішок на схилах гір. *Корми і кормовиробництво*. Київ : Урожай. 1982. Вип. 13. С. 56–62.

²⁹⁰ Ющак В. С., Ковтун І. П. Технологія створення сіяних багаторічних сінокосів на еродованих схилах в горах. Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. «Селекція, насінництво і технології вирощування польових культур». Чернівці : Буковина, 1996. С. 134–135.

²⁹¹ Боговін А. В. Характеристика природних кормових угідь України. Київ : Урожай, 1990. С. 4–45.

²⁹² Зміна ботанічного та видового складу травостою під впливом удобрення і стимуляторів росту / Я. І. Мащак та ін. *Перегірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2008. Вип. 50, ч. II. С. 85–90.

²⁹³ Теорія і практика луківництва / Я. І. Мащак та ін. Дрогобич : Коло, 2011. 374 с.

важливе місце посідає забезпеченість рослин основними поживними елементами²⁹⁴. Під дією внесення незбалансованих елементів добрив хоч і одержують збільшення врожаю, але при цьому збіднюється ботанічний склад рослинних угруповань, травостої не наповнюються новими видами трав. Причиною цього є конкуренція окремих видів рослин за елементи мінерального живлення та пригнічення більш витривалими травами інших.

Багато дослідників встановили, що ботанічний склад травостою залежить від внесення відповідних норм мінеральних добрив^{295, 296}. Внесення фосфорно-калійних добрив підвищує частку бобових трав за рахунок зниження вмісту різнотрав'я, азотні добрива, навіть у поєднанні з фосфорно-калійними в перші два роки використання значно зменшують частку бобових у сінокісному травостої й підвищують вміст злакових компонентів. В наступні роки використання бобові повністю витісняються з травостою. Перевага бобових над злаковими культурами полягає в тому, що бобові виробляють на одиниці площі значно більше білку, який краще засвоюється і найбільш збалансований за амінокислотним складом, а також включає в біологічний круговорот азот атмосфери²⁹⁷.

З господарської, економічної та екологічної думки при вирощуванні кормів вигідно максимально використовувати не мінеральний, а біологічний азот, який фіксується з атмосфери бобовими рослинами, збільшенням їх кількості в травостої сприяє зменшенню потреб луківництва в азотних добривах²⁹⁸.

Ґрунтовий аналіз наукових праць, як вітчизняних, так і закордонних дослідників дозволяє зробити висновок, що урожай сухої маси і якість корму значною мірою залежить від частоти відчуження і

²⁹⁴ Козяр О. М. Динаміка ботанічного складу травостою сіяної сіножаті залежно від його складу та рівня мінерального удобрення в умовах Правобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 54. С. 54–60.

²⁹⁵ Макаренко П. С., Кулик М. П. Продуктивність багаторічних укісних бобово-злакових і злакових травостоїв залежно від фонів добрив та джерел азотного живлення. *Корми і кормовиробництво*. 2002. Вип. 48. С. 50–54.

²⁹⁶ Lardner H. A. The effect of rejuvenation of aspen parkland ecoregion grasslegume pastures on botanical composition. *Canadian journal plant Sci.* 2001. V. 81. P. 673–683.

²⁹⁷ Боговін А. В., Кургак В. Г. Біологічна роль бобових трав у підвищенні продуктивності лучних екосистем та нагромадження ними симбіотичного азоту. *Землеробство*. 1994. Вип. 69. С. 7–14.

²⁹⁸ Мащак Я. І. Перспективи використання біологічного і мінерального азоту в інтенсивному луківництві західного регіону України. *ПЕРЕГІРНЕ ТА ГІРСЬКЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО І ТВАРИННИЦТВО*. 1999. Вип. 41. С. 100–102.

строків використання травостою. Як правило, при збільшенні числа скошування зменшується маса урожаю травостою, проте підвищується його якість^{299, 300, 301}. На хімічний склад корму впливає також фаза вегетації, в якій скошується трава. При ранньому і частому відчуженні порівняно з більш пізнім у біомасі більше міститься білка, жиру, сирого протеїну, золи при цьому корм характеризується кращою поживністю та енергонасиченістю за вмістом валової та обмінної енергії^{302, 303, 304}.

Державним стандартом України ДСТУ 4674–2006 “Сіно. Технічні умови” – регламентується вміст у кормі сирого протеїну не менше 15 % для першого класу та 11 % для другого, сирогої клітковини – відповідно не більше 27 та 30 %, вміст листя – не менше 50 та 35%, вміст в 1 кг абсолютно-сухого корму кормових одиниць для першого класу 0,75, а для другого – 0,61 і обмінної енергії – відповідно 9,2 та 8,5 МДж³⁰⁵.

Дослідженнями, які були проведені в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН встановлено, що застосування на багаторічному травостої повних мінеральних добрив сприяє формуванню різнотравно-злакових рослинних угруповань, а фосфорно-калійних – різнотравно-бобово- злакових. За тривалістю внесення N₉₀P₄₅K₆₀ формуються стійкі фітоценози з високою часткою злакових багаторічних трав (грястиці збірної, мітлиці велетенської, тонконога лучного й костриці лучної)³⁰⁶.

²⁹⁹ Сайко В. Ф. Наукові підходи щодо раціонального землекористування в умовах здійснення аграрної реформи. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 5. С. 5–10.

³⁰⁰ Соляник О. П. Продуктивність бобово-злакових травосумішок залежно від режимів їх використання на низинних луках Полісся України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : 06.01.12. Київ, 2000. 20 с.

³⁰¹ Woltok K. Producing grass for Summer milk. *J. Brit. Grassland Soc.* 1972. No. 27. P. 3–98

³⁰² Ковтун К. П., Дєдов О. В., Романюк С. П. Хімічний склад і поживність зеленці маси залежно від фази росту і розвитку. *Корми і кормовиробництво*. 1998. № 41. С. 41–45.

³⁰³ Сазик М. І. Якість корму травосумішок залежно від режиму скошування, удобрення та тривалості лучного періоду в сівоzmіні. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 2000. № 3–4. С. 30–36.

³⁰⁴ Ющак В. С. Влияние сроков скашивания на урожай и кормовые достоинства злаковых трав при многоукосном использовании в горах. *Корма и кормопроизводство*. Вып. 30. С. 34–38.

³⁰⁵ ДСТУ 4674–2006. Сіно. Технічні умови. Чинний від 2007-10-01. Київ. : Держпоживстандарт України, 2005.

³⁰⁶ Зміна ботанічного та видового складу різновікових лучних травостоїв під впливом мінеральних добрив і режимів використання / М. Т. Ярмолюк та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2011. Вип. 53, Ч. 1. С. 101–107.

Шляхом підбору травосумішок для залуження еродованих схилів, раціонального удобрення і використання забезпечується низька енерго- та ресурсоемкість продукції, знижується ерозійна небезпека угідь та навколишнього середовища. З одиниці площі новостворених лукопасовищних угідь можна одержати 60–80 центнерів кормових одиниць, із забезпеченістю кожної 105–130 г, перетравного протеїну, що в 1,5–2 рази перевищує продуктивність еродованої ріллі^{307, 308}.

Більшість науковців вважають, що корм з травосумішок, як правило, більш збалансований за вмістом білка, мінеральних солей, мікроелементів, амінокислот та інших поживних речовин і, як наслідок, забезпечує вищу продуктивність тваринницької продукції. Він краще перетравлюється і засвоюється у шлунку тварин, ніж з одновидових посівів багаторічних трав. У бобових міститься більше азоту, деяких амінокислот, кальцію, а в злакових – більше цукрів та інших вуглеводів³⁰⁹.

Як показали дослідження ННЦ «Інститут землеробства НААН» у травосумішках під впливом бобових посилюються ростові процеси злакових, збільшується їх питома вага та листкова площа, підвищується насиченість рослинних тканин водою, змінюється хімічний склад рослин у бік збільшення амінокислот, мінеральних і органічних речовин, покращується цукрово-протеїнове співвідношення^{310, 311}. Такі травостої забезпечують одержання високоякісного корму.

³⁰⁷ Машак Я. І., Іршак Р. К. Вплив удобрення та регуляторів росту на продуктивність злаково-бобового травостою. *Вісник Львівського державного аграрного університету. Агрономія*. 2006. № 10. С. 186–189.

³⁰⁸ Сайко В. Ф. Стан земельних угідь та поліпшення їх використання. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 2005. Спецвипуск. С. 3–11.

³⁰⁹ Тараріко О. Г. Біологізація та екологізація ґрунтозахисного землеробства. *Вісник аграрної науки*. 1999. № 10. С. 5–9.

³¹⁰ Макаренко П. С., Деркач В. С. Роль верхових і низових злакових трав при створенні сіяних травостоїв пасовищного і укісного використання. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 64. С. 61–65.

³¹¹ Кургак В. Г., Тітова В. М. Вплив багаторічних бобових трав на якість корму сіяних лук та родючість ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2000. Спеціальний випуск, травень. С. 54–58.

Використання бобових трав у луківництві є найважливішою складовою частиною з впровадження енергозберігаючих технологій за кордоном^{312, 313, 314}. та біологізації кормовиробництва^{315, 316}.

Світовий досвід та результати досліджень науково-дослідних установ України показують, що в комплексі заходів спрямованих на підвищення продуктивності лучних угідь та поліпшенню якості кормів, першочергове значення належить поліпшенню видового, сортового складу злакових та бобових трав шляхом створення травосумішок на базі застосування науково-обґрунтованої системи обробітків ґрунту, системи удобрення та раціональних режимів використання, як важливих чинників видової структури та продуктивності сінокосів та пасовищ на еродованих схилах^{317, 318}.

При створенні сіяних лук компоненти травосумішок підбирають у відповідності з їх біологічною і екологічною пристосованістю до конкретних умов середовища. При цьому враховується сезонність їх росту та розвитку, строки дозрівання, отавність, господарська цінність, догляд і використання³¹⁹.

Подальша розробка і впровадження у виробництві прогресивних способів окультурення природних кормових угідь з єдиною метою різкого підвищення їх продуктивності (вдосконалення чинних способів корінного й поверхневого поліпшення з урахуванням

³¹² Fatch clover: optimal selection of clover species // Sustainable meat and milk production from grasslands / D. B. Hannaway et. al. ; Proceedings of the 27th General Meeting of the European Grassland Federation. Cork, Ireland. 2018. P. 218–220.

³¹³ Characterisation of protein and fibre in pulp after biorefining of red clover and perennial ryegrass The multiple roles of grassland in the European bioeconomy / V. K. Damborg et al. Proceedings of the 26th General Meeting of the European Grassland Federation. Trondheim, Norway. 2016. P. 366–371.

³¹⁴ Peyraud J. L. and Peeters A. The role of grassland based production system in the protein security / The multiple roles of grassland in the European bioeconomy ; Proceedings of the 26th General Meeting of the European Grassland Federation. Trondheim, Norway. 2016. P. 29–43.

³¹⁵ Influence of Agrotechnical Measures on the Quality of Feed of Legume-Grass Mixtures / U. M. Karbivska et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. 9 (4). P. 547–551. DOI: 10.15421/2019_788. WoS.

³¹⁶ Effect of the cultivation of legumes on the dynamics of sod-podzolic soil fertility rate / U. M. Karbivska et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. 9 (3). P. 8–12. Doi: 10.15421/2019_702. WoS.

³¹⁷ Архипенко Ф. М. Видовий склад та продуктивність травосумішок залежно від інтенсивності використання і удобрення в Північному Лісостепу. *Вісн. Полтав. держ. с.-г. ін-ту*. 2000. № 4. С. 7–11.

³¹⁸ Динаміка ботанічного складу травостою сіяної сіножаті залежно від його складу та рівня мінерального удобрення в умовах Правобережного Лісостепу України / О. М. Козяр та ін. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 54. С. 54–60.

³¹⁹ Теорія і практика луківництва / Я. І. Мащак та ін. Дрогобич : Коло, 2011. 374 с.

модернізації технологічного процесу, застосування диференційованої агротехніки). З іншого боку необхідно ширше розгорнути роботи з добору перспективних травосумішок щодо різноманітних екологічних умов і виведенню нових сортів лукопасовищних трав із наперед заданими господарськими властивостями.

Система обробітку ґрунту повинна відповідати основним вимогам: створювати сприятливі фізичні параметри для розвитку сільськогосподарських культур, підвищувати, або хоча б стабілізувати на вихідному рівні родючість ґрунту. Вона повинна бути ґрунтозахисною й енергозберігаючою, знищувати бур'яни³²⁰.

Вченими було доведено, що періодичність застосування глибокої оранки й поверхневого обробітку повинна визначатись на місцях, виходячи з конкретних ґрунтово-кліматичних умов, складу культур та попередньої агротехніки.

Сьогодні під системою землеробства заведено вважати комплекс взаємопов'язаних агротехнічних і організаційних заходів, які насамперед відрізняються інтенсивністю використання землі, способами відновлення родючості ґрунту. Сучасна науково обґрунтована система землеробства фактично має забезпечувати найбільш ефективне використання землі й отримання в конкретних природних і економічних умовах найбільшої кількості продукції з одиниці сільськогосподарських угідь за найменших витрат праці^{321, 322}.

На розвиток лукопасовищних трав і на їх урожайність мають вплив способи передпосівного обробітку ґрунту. Основні вимоги при посіві трав – вирівняність площі і достатня ущільненість ґрунту. Л. Ю. Каджуліс вважає, що перед посівне коткування повинно доводити щільність ґрунту до 1,3–1,4 г/см³³²³.

На лучних угіддях з більш міцною дерниною і потужнішим орним шаром, а також вироджених суходільних луках на дерново-підзолистих слабокислих ґрунтах краща система обробітку ґрунту під

³²⁰ Assessing simplewheat and pea models using data from a fonol – term tillage experiment / W. A. Payne et al. *Agro J.* 2001. Vol. 93. № 1. P. 250–260.

³²¹ Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України / М. В. Зубець та ін. Київ : Логос, 2004. 776 с.

³²² Сайко В. Ф. Наукові основи землеробства у зв'язку зі світовою кризою. *Посібник українського хлібороба.* 2010. С. 64–68.

³²³ Каджулис Л. Культурные пастбища – основа летнево кормления молочного скота на разных почвах Литовской ССР. *Животноводство.* 1974. № 1. С. 46–47.

прискорене залуження – це фрезування у два сліди, оранка і дискування³²⁴.

У Передкарпатті оранка і фрезування слабо розпушували ґрунт природної луки (0,97–0,93 проти 1,08 г/см/куб), причому на вологих луках швидко проходило повторне ущільнення ґрунту і вже на другому році її щільність була вищою, ніж без обробітків. На сухих луках Передкарпаття вищу урожайність отримано після оранки з наступним фрезуванням і меншу – після дворазового фрезування. Водночас на вологих луках великої різниці в урожаї сіна при різних способах обробітку дернини не виявлено³²⁵.

В ряді країн (Австрія, Великобританія, США, Німеччина та ін.), крім традиційного обробітку ґрунту, під посів все ширше застосовується мінімальний і нульовий обробіток. Останнє десятиріччя в Англії, Голландії, Канаді, США, Новій Зеландії, Швейцарії та в інших країнах проводиться перезалуження кормових угідь з мінімальним обробітком дернини. Цей спосіб базується на біологічній особливості кормових трав до відновлення при неглибокій заробці й навіть при поверхневому посіві. Американські дослідники вважають, що ґрунт орати не потрібно. Адже це порушує його структуру, збільшує випаровування вологи, відтак зменшує врожай³²⁶
^{327, 328, 329}.

У дослідях М. В. Хомика на Передкарпатті дискуванням у два сліди й фрезування в один слід коротко заплавних лук викликало зниження продуктивності. Одне лише боронування не вплинуло на урожайність. Підсів трав у не розроблену і бороновану дернину підвищило урожайність луки в середньому за 5 років на 2,0–3,4 ц/га сіна. На дискованих і фрезованих ділянках приріст від підсіву був вищий, але він не покривав недобору урожаю, причиненому

³²⁴ Машак Я. І., Іршак Р. К. Вплив удобрення та регуляторів росту на продуктивність злаково-бобового травостою. *Вісник Львівського державного аграрного університету. Агрономія*. 2006. № 10. С. 186–189.

³²⁵ Хрестецький К. І. Шляхи підвищення ефективності добрив на гірських луках Карпат. *Землеробство*. 1969. Вип. 19. С. 40–44.

³²⁶ Brnet P., Mett N. Verhafren sur umbruch losen Grunland verbesserung Landw. Z. Heinland. 1986. J. g. 153. No. 36. P. 2280–2283.

³²⁷ Haggard R., Koch D. Slot Seeding in vestigations, 3. The productivity of slot – Seeded red with gross swards regeiving nitrogen. *Gross. Forage Sc*. 1983. V. 38. 1. P. 45–53.

³²⁸ Hayes M. J., Williams E. D. Some effects of Fiuid – Sowing. PRE – Germitation irriation and soil. Covering on the establishment and growth of sedlincs of white clofe slot – seed. *Gross. Forage Sc*. 1986. V. 41. No. 2. P. 15–157.

³²⁹ Jates A. Reduce gour nitrogen bill. *Big Farm management*. 1983. September. P. 19–20.

зниженням рослинності природно ї луки. Низька урожайність під всіяних у дернину трав пояснюється слабою конкурентною здатністю молодих рослин у боротьбі за воду, поживу, світло. Вони масово гинули впродовж і після появив сходів. На дискованих і фрезованих ділянках пригнічення молодих рослин було менше, однак половинна норма висіяних насінин трав не змогло забезпечити нормального врожаю (частка бобових підвищувалася на 2,9–3,9 % при прямому підсіві в дернину і на 12,6–17,9 % на дискованих і фрезованих ділянках)³³⁰.

Комплекс заходів із докорінного та поверхневого поліпшення природних кормових угідь на схилових землях, що виводяться з обробітку, залежить від ґрунтово-кліматичних умов, господарського призначення ділянки, її розташування та екологічної ролі в агроландшафті. Землі на схилах 3–5° використовують здебільшого під інтенсивні пасовища і сіножаті, 5–7° – під сіножаті й під постійні пасовища з поліпшеним травостоєм, більше 7–12° – під постійні природні пасовища та заліснення. Для успішного залуження схилових земель важливо створити добрі умови для одержання високого врожаю лучного травостою. Ряд дослідників вважає, що оптимальною для проростання насіння більшості лучних трав є глибина заробки (1 см), також рівень родючості ґрунту та норма висіву трав^{331, 332}.

Матеріали та методи дослідження. Польові дослідження проводили на еродованому схилі південно-західної експозиції крутизною більше як 5–6° на експериментальній базі Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України с. Оброшине Львівського району Львівської області.

Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений, середньозмитий. Материнська порода – лесоподібний суглинок. За гранулометричним складом легко суглинковий. Для нього характерні такі агрохімічні показники в горизонті 0–20 см: рН_(KCl) – 5,8, вміст гумусу (за Тюріним) – 1,75 %, рухомих форм фосфору – 74 мг/кг ґрунту, обмінного калію (за Чириковим) – 78 мг/кг ґрунту.

³³⁰ Хомык Н. В. Влияние способов обработки дернины, посева трав и удобрений на продуктивность пойменных лугов в условиях Предкарпатья : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. с.-х. наук : 06.538. Львов, 1970. 20 с.

³³¹ Зеленчук Т. К., Гелемей С. О. Еколого-біологічні властивості насіння лучних рослин. Львів : Вища школа, 1983. 176 с.

³³² Сайко В. Ф. Стан земельних угідь та поліпшення їх використання. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 2005. Спецвипуск. С. 3–11.

Гідролітична кислотність (за Каппеном) становила 1,01 мг-екв. на 100 г, а сума ввібраних основ – 37 мг-екв. на 100 г ґрунту.

За час проведення досліджень (2009–2010 рр.) метеорологічні умови характеризувались різною температурою і неоднаковим рівнем опадів (рис. 1, 2).

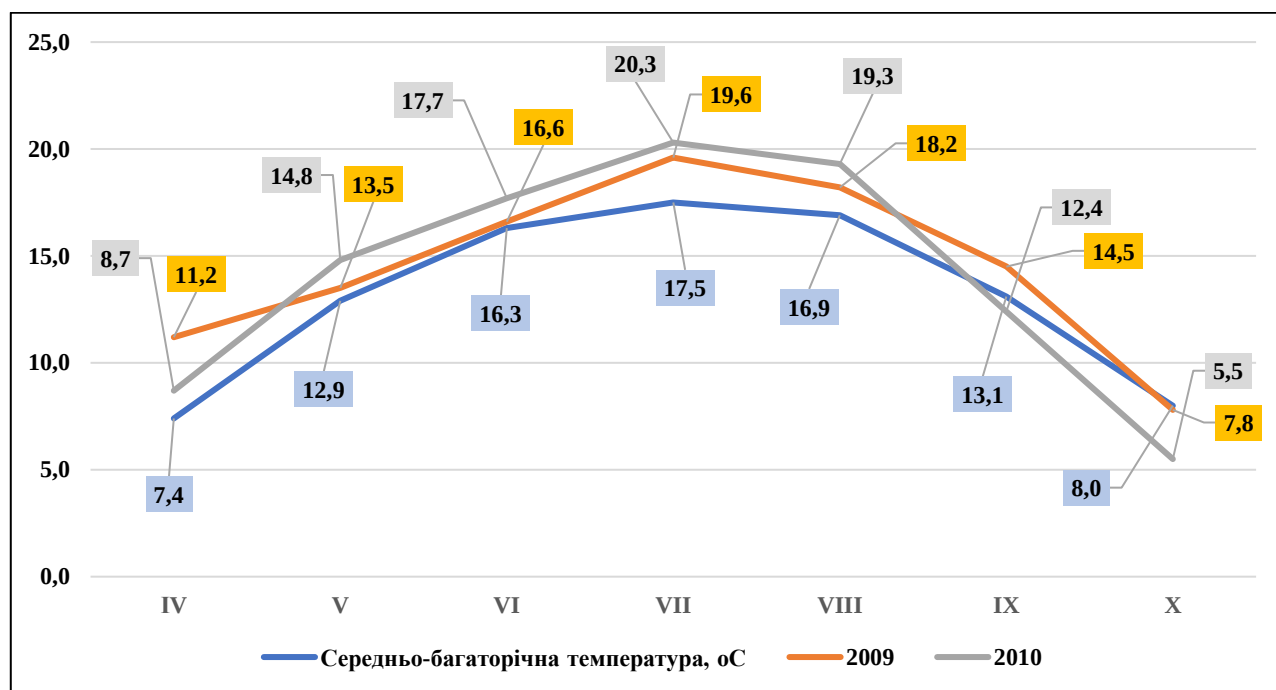


Рис. 1. Розподіл середньомісячних температур за вегетаційні періоди 2009–2010 рр. (за даними ГМЦ м. Львів)

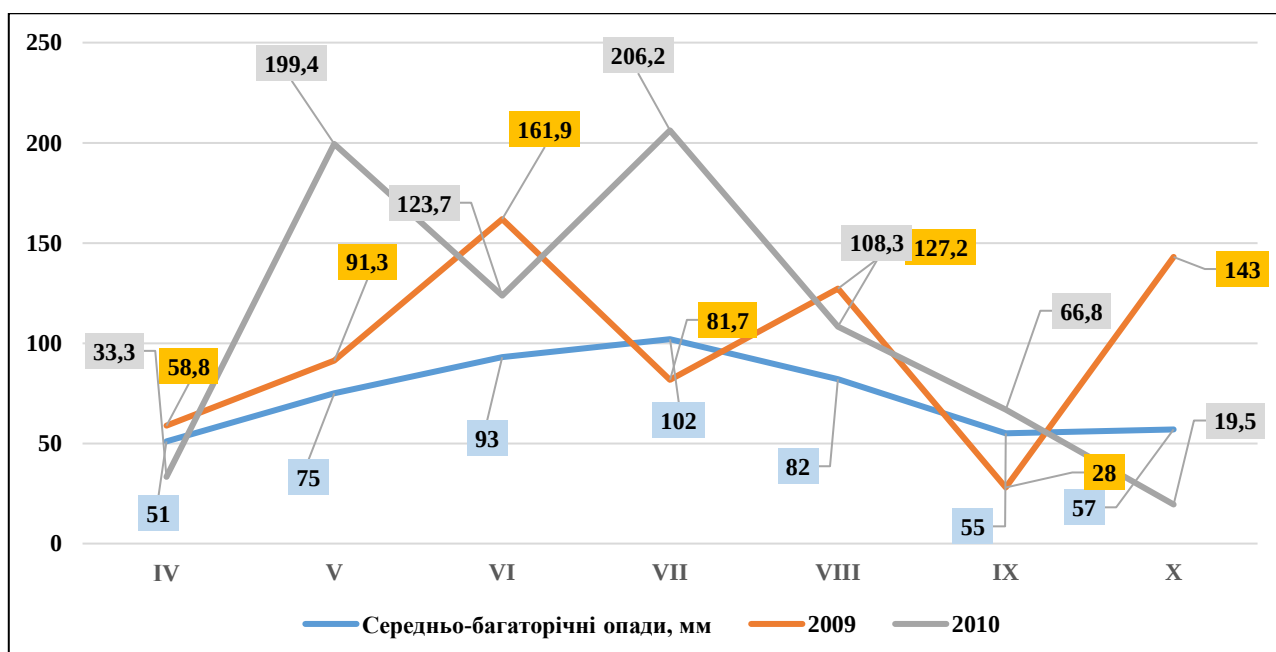


Рис. 2. Розподіл опадів протягом вегетаційних періодів 2009–2010 рр. (за даними ГМЦ м. Львів)

Вегетаційний період 2009 р., був сприятливим для росту та розвитку багаторічних трав. Кількість опадів протягом всіх місяців, за винятком липня та вересня, перевищувала норму. Найбільше дощу випало в червні (161,9 мм) та серпні (127,2 мм). Температурні показники у всіх місяцях вегетаційного періоду також були вищими за норму. Найтеплішим місяцем відмічено липень із середньомісячною температурою 19,6 °С, він же характеризувався недостатньою кількістю опадів (відхилення від норми – -20,3 мм).

Погодні умови 2010 р. протягом вегетаційного періоду були досить вологими. У цьому році випало 602,7 мм опадів, що на 13,7 % більше середньо багаторічної норми при вищій в середньому температурі повітря на 10,3 %. Надлишкове вологозабезпечення травня – червня місяців негативно вплинули на ріст і розвиток багаторічних трав, особливо злакових. Протягом травня-серпня кількість опадів перевищувало норму (25,7–122,0 мм). Жовтень характеризувався коливанням температури від 5 до 17 °С (норма 8 °С), а листопад – 8–21 °С (норма 3,4 °С), що привело до інтенсивного наростання надземної маси рослин. Зниження температури до – 8 °С відзначено 30 листопада. Досить сухим виявився квітень місяць. Температурні показники у всіх місяцях вегетаційного періоду були вищими за норму.

Погодні умови в зимовий період 2010–2010 рр. характеризувалися глибоким промерзанням ґрунту, невеликим сніговим покривом, частими відлигами в чергуванні з морозами та утворенням льодової кірки. Однак добрий розвиток рослин в осінній період сприяв успішній перезимівлі.

Погодні умови в роки проведення досліджень були в основному сприятливими для росту і розвитку злаково-бобових травостоїв сінокісного використання на еродованих схилах.

У наших дослідях, розташованих на схилових землях південно-західної експозиції крутизною 5–6° ми застосовували інтенсивне ведення сінокісного господарювання, яке базується на докорінному поліпшенню лук, найбільш ефективному обробітку ґрунту (фрезування, дискування, нульовий обробіток) з використанням кращих районованих видів і сортів багаторічних злаково-бобових трав, систематичному мінеральному удобренні та запровадженню раціональної системи сінокісного використання.

Весняною безпокритою сівбою у 2009 р. було закладено дослід за схемою представленою нижче.

Площа дослідної ділянки – 27 м², облікової – 10 м². Повторність 4-и разова. Площа під дослідом – 0,0648 га.

Таблиця 1

Схема досліду

Варіанти досліду	
Обробіток ґрунту	Травосумішка
Нульовий – пряме всівання трав у нерозроблену удернину	Костриця східна (7 кг/га), очеретянка звичайна (4), стоколос безостий (3), пажитниця багаторічна (4), конюшина гібридна (4), люцерна посівна (4), козлятник східний (4 кг/га).
	Тимофіївка лучна (4кг/га), мітлиця біла (4), костриця східна (6), пажитниця багаторічна (6), козлятник східний (4), конюшина гібридна (4), люцерна посівна (4кг/га).
Фрезування на глибину 10–12см	Костриця східна (7 кг/га), очеретянка звичайна (4), стоколос безостий (3), пажитниця багаторічна (4), конюшина гібридна (4), люцерна посівна (4), козлятник східний (4 кг/га).
	Тимофіївка лучна (4кг/га), мітлиця біла (4), костриця східна (6), пажитниця багаторічна (6), козлятник східний (4), конюшина гібридна (4), люцерна посівна (4 кг/га).
Дискування на глибину 12–14 см	Костриця східна (7 кг/га), очеретянка звичайна (4), стоколос безостий (3), пажитниця багаторічна(4), конюшина гібридна (4), люцерна посівна(4), козлятник східний (4 кг/га).
	Тимофіївка лучна (4кг/га), мітлиця біла (4), костриця східна (6), пажитниця багаторічна (6), козлятник східний (4), конюшина гібридна (4), люцерна посівна (4 кг/га).

Дослід закладали систематичним методом. Дослідження проводили за загальноприйнятими методиками. Ботанічний склад урожаю досліджуваних травостоїв встановлювали методом аналізу снопів масою 1 кг. Фенологічні спостереження та облік урожаю в кожному укосі на облікових ділянках проводили за ДСТУ 8044:2015³³³; показники продуктивності за виходом з 1 га сухої маси, кормових

³³³ ДСТУ 8044:2015. Угіддя природні кормові. Методи визначення продуктивності. Чинний від 2017-01-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. 15 с.

одиниць, сирого протеїну визначали за ДСТУ 8044:2015³³⁴, ДСТУ 8066:2015.

Облік урожаю проводили за методикою Інституту кормів УААН поділяночно – ваговим методом. Урожайні дані оброблено методом дисперсійного аналізу³³⁵. Хімічні аналізи рослин та ґрунту, змін якості корму й агрохімічних властивостей проведено за загальноприйнятими методиками. Вміст абсолютно сухої речовини визначали шляхом висушування рослинних зразків у термостаті за температури 100–105 °С.

Результати та обговорення. За багаторічними дослідженнями вітчизняних та зарубіжних вчених доведено, що одним із важливих факторів підвищення продуктивності сіяних травостоїв є підбір видів трав, склад травосумішок, обробіток ґрунту та мінеральне удобрення.

Дослідженнями багатьох вчених встановлено, що продуктивність змішаних посівів багаторічних трав на 14,4–30 % вища порівняно з одновидовими. Злаково-бобові травостої краще балансують раціон тварин і забезпечують вищу їх продуктивність^{336, 337, 338}.

А. В. Боговін, П. С. Макаренко при підборі травосумішок пропонують враховувати біологічні й екологічні умови, особливості трав, спосіб, інтенсивність і строки їх використання, тип ґрунту і його родючість, умови зволоження та температурний режим³³⁹.

Частина компонентів травосумішок повинні відповідати місцевим кліматичним і гідрологічним умовам та забезпечувати задану тривалість використання: на короткий строк (2–3 роки), на середній – (4–5) і на тривалий (до 8–10 років і більше). На даний час для створення сіяних травостоїв у Лісостепу України рекомендовано наступні види трав: грястиця збірна, лисохвіст лучний, очеретянка звичайна, костриця лучна, костриця східна, стоколос безостий,

³³⁴ ДСТУ 8066:2015. Корми для сільськогосподарських тварин. Методи визначення енергоємності і поживності. Чинний від 2017-01-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 11 с.

³³⁵ Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві : навч. посіб. / В. О. Ушкаренко та ін. Херсон : Айлант, 2008. 272 с.

³³⁶ Боговін А. В. Структурно-функціональна організація лугових екосистем и их роль в повышении устойчивости агроландшафтов. *Екологія та ноосферологія*. 1996. Т. 2, № 3/4. С. 113 – 121.

³³⁷ Боговін А. В., Кургак В. Г. Продуктивність травосумішок залежно від сортового складу багаторічних злакових трав. *Землеробство*. 1970. Вип. 9. С. 71–81.

³³⁸ Боговін А. В. Сумішки багаторічних лучних трав та основні напрямки їх вивчення. *Землеробство*. 1974. Вип. 38. С. 61–68.

³³⁹ Макаренко П. С. Лучне кормовиробництво. Довідник з кормовиробництва. Київ : Урожай, 1984. С. 125–195.

тимофіївка лучна, мітлиця велетенська, конюшина лучна, конюшина гібридна, люцерна посівна. За даними Інституту землеробства і тваринництва західного регіону УААН на достатньо зволжених луках у непорушену дернину слід підсівати тільки бобові трави: конюшину лучну, повзучу і гібридну, лядвенець рогатий та люцерну серповидну, а в попередньо розроблену дисками чи фрезами – і бобово-злакові травосумішки³⁴⁰.

В Інституті землеробства і тваринництва західного регіону результати досліджень підтвердили переваги чинних технологій докорінного і поверхневого поліпшення вироджених травостоїв під час суцільного посіву (дискування – оранка – дискування і дискування до “чорного стану”). Посів після традиційного обробітку (дискування+оранка+дискування) забезпечив одержання за 4 роки 54,6 ц/га абсолютно сухої маси. Найвищу урожайність (56,2 ц/га) одержано завдяки дворазовому фрезуванню, що пояснюється значним відновленням старих кореневищних трав, в основному пирію кореневищного, під час сильного подрібнення його фрезою³⁴¹.

Дослідження, які були проведені на всіх типах кормових угідь показують, що дернину під залуження необхідно добре розробити дисковими знаряддями чи фрезами в агрегаті з важкими зубовими боронами, ґрунт вирівняти волокушами, а ще краще планувальниками й тоді вже висівати сумішки злакових і бобових трав. Неглибоке фрезування (1,5–2 см), як спосіб поверхневого поліпшення, значно послабило ріст старих трав і забезпечило порівняно добру густоту сходів сіяних трав. Порівняно більше бобових компонентів знаходилось на варіантах із докорінним поліпшенням ґрунту (культурна оранка і дворазове фрезування).

Тому, важливим елементом у системі ґрунтозахисного землеробства є обробіток ґрунту на схилових землях, від якого залежить створення на них довготривалих травостоїв шляхом підбору злаково-бобових травосумішок для сіножатей, який спрямований на зменшення депресивного впливу антропогенних факторів і одержання високої продуктивності та якості корму для згодовування великій рогатій худобі.

³⁴⁰ Луківництво в теорії і практиці / Я. І. Мащак та ін. Львів : СПОЛОМ, 2005. 295 с.

³⁴¹ Ярмолук М. Т., Зінчук М. П., Польовий В. М. Культурні пасовища в системі кормовиробництва. Рівне : Волинські обереги, 2003. 292 с.

Проведені нами дослідження підтверджують залежність врожайності злаково-бобового травостою від впливу різних способів передпосівного обробітку ґрунту та складу травосумішки (табл. 2).

Таблица 2

Урожайність сінокісного травостою злаково-бобової травосумішки залежно від складу травосумішки та обробітків ґрунту

Варіанти дослідів		Суша маси, т/га			Приріст до контролю	
Обробіток ґрунту	травосу-мішки	2009	2010	Сер.	т/га	%
Нульовий – пряме всівання трав у нерозроблену дернину	перша	4,6	11,5	8,1	—	—
	друга	5,1	11,0	8,1	—	—
Фрезування на глибину 10–12 см	перша	5,4	13,2	9,3	1,3	15,5
	друга	5,0	12,8	8,9	0,9	10,6
Дискування на глибину 12–14 см	перша	5,6	13,1	9,4	1,3	16,1
	друга	5,5	14,6	10,1	2,0	24,8

HIP₀₅, Т/Га

фактор A

0,30 0,65

фактор В

0,29 0,77

взаємодія (AB)

0,55 0,95

Примітка: перша травосумішка – костриця східна (7 кг/га), очеретянка звичайна (4), стоколос безостий (3), пажитниця багаторічна (4), конюшина гібридна (4), люцерна посівна (4), козлятник східний (4 кг/га); друга травосумішка – тимофіївка лучна (4 кг/га), мітлиця біла (4), костриця східна (6), пажитниця багаторічна (4), козлятник східний (4), конюшина гібридна (4), люцерна посівна (4 кг/га).

За контрольний варіант взято ділянку з нульовим обробітком ґрунту, на яку поверхнево внесено мінеральні добрива й у нерозроблену дернину всіяно дві травосумішки. При нульовому обробітку землі верхній шар ґрунту не пошкоджується, тому така система землеробства запобігає водній та вітровій ерозії ґрунтів, а також значно краще зберігає воду, але врожайність травостою нижча ніж при використанні сучасних методів традиційного землеробства.

Передпосівний обробіток ґрунту з наступним залуженням багаторічних злаково-бобових трав неоднаково вплинули на врожайність лучних угідь.

У середньому за 2009–2010 рр. загальна врожайність травостоїв при різних обробітках ґрунту на схилових землях склала від 8,1 до 10,1 т/га сухої маси.

Використання травостою на сіно сприяло підвищенню його продуктивності на еродованому схилі, де проводили фрезування на глибину 10–12 см і дискування – 12–14 см.

Дослідженнями встановлено, що найвищий врожай (10,1 т/га) забезпечило триразове скошування на сіно травосумішки, яка складалась з тимофіївки лучної, мітлиці білої, костриці східної, пажитниці багаторічної, козлятника східного, конюшини гібридної й люцерни посівної на варіанті, де проводили дискування, як обробіток ґрунту еродованого схилу при удобренні $N_{60}P_{60}K_{90}$. Приріст урожаю до контролю на цьому варіанті становив 2,0 т/га сухої маси. Різниця врожаю між другою і першою травосумішками на ділянках, де проводили дискування, становили 0,7 т/га сухого корму.

Поживність є важливою характеристикою корму при згодовуванні тварин. Цінність трав'яної маси обумовлена її хімічним складом, якістю органічних речовин, які містяться в ній, та від їх співвідношення.

Ефективність використання поживних речовин кормів тваринами передусім залежить від забезпечення його перетравним протеїном. Зниження вмісту його в зелених кормах призводить до великих перевитрат їх на одиницю продукції, яку одержуємо, а при перенасиченні перетравним протеїном тварин – різними порушеннями функції організму та патологіями. Тому необхідною умовою повноцінної годівлі тварин є забезпечення раціонів необхідною кількістю протеїну³⁴². Згідно з нормами, прийнятими для годівлі тварин, у їх раціонах на кожну кормову одиницю має бути в середньому 100–120 г перетравного протеїну. Кількість перетравного протеїну змінюється залежно від якості кормів, набору їх у раціоні й способів підготовки кормів до згодовування³⁴³.

³⁴² Огієнко Н. І. Біохімічний склад багаторічних травостоїв залежно від співвідношення злакових і бобових компонентів. *Зб. наук. пр. ННЦ "Ін-т землеробства УААН"*. 2006. Вип. ½. С. 131–134.

³⁴³ Екологічно чиста і енергозберігаюча технологія вирощування і використання якісних кормів / В. П. Патики та ін. *Наук.-техн. бюл. УААН, Ін-т тваринництва*. 2000. № 7. С. 80–82.

В 1 кг доброякісного сіна міститься 0,45–0,55 корм. од., 65–75 г перетравного протеїну, 40–50 мг каротину, а також ряд вітамінів, гормонів та мінеральних і біологічно активних речовин³⁴⁴.

Проведені дослідження підтверджують залежність врожайності злаково-бобових травостоїв від обробітку ґрунту та складу травосумішки (табл. 3).

Таблиця 3

Кормова продуктивність злаково-бобового травостою залежно від передпосівного обробітку ґрунту (середнє за 2009–2010 рр.)

№ з/п	Варіанти досліджу		Урожайність сухої маси, т/га	Вихід, т/га		Міститься	
	обробіток ґрунту	травосумішка		кормових одиниць	перетравного протеїну	в 1 кг сухого корму, к. од.	в к. од. перетравного протеїну, г
1	Нульовий – пряме всівання трав у нерозроблену дернину	перша	8,10	6,72	0,52	0,83	78,00
		друга	8,10	6,64	0,53	0,82	80,00
2	Фрезювання на глибину 10–12 см	перша	9,30	7,53	0,79	0,81	105,00
		друга	8,90	7,12	0,78	0,80	110,00
3	Дискування на глибину 12–14 см	перша	9,40	7,61	0,75	0,81	99,00
		друга	10,10	8,08	0,87	0,80	108,00

Примітка: перша травосумішка – костриця східна (7 кг/га), очеретянка звичайна (4), стоколос безостий (3), пажитниця багаторічна (4), конюшина гібридна (4), люцерна посівна (4), козлятник східний (4 кг/га); друга травосумішка – тимофіївка лучна (4 кг/га), мітлиця біла (4), костриця східна (6), пажитниця багаторічна (4), козлятник східний (4), конюшина гібридна (4), люцерна посівна (4 кг/га).

На схилових землях використання сінокісного травостою в оптимальні строки за достатнього вмісту в зеленій масі бобових трав позитивно вплинуло на поживність корму.

За контрольний варіант взято ділянку з нульовим обробітком ґрунту та прямим всіванням трав у нерозроблену дернину на яку внесено лише мінеральні добрива. На ньому в середньому за два роки зібрано найменший урожай сіножаті еродованого схилу на варіантах де висівали першу і другу травосумішки (8,10 т/га сухої маси), вихід

³⁴⁴ Кулик М. Ф., Пономаренко М. М., Дудко М. Ф. Енерговіддача кормів різних технологій виробництва. Київ : Урожай, 1991. 208 с.

кормових одиниць становив 6,72 і 6,64 т/га, а перетравного протеїну – 0,52; 0,53 т/га.

Вихід кормових одиниць та перетравного протеїну в травосумішках прямопропорційно залежав як від співвідношення компонентів, так і від обробітків ґрунту. За даними наших досліджень підвищення частки бобових трав у складі травосумішок істотно змінює якість рослинної маси за виходом кормових одиниць та перетравного протеїну.

Вихід кормових одиниць на дослідних ділянках з різними передпосівними обробітками ґрунту (дискування та фрезування) був вищим ніж на варіантах, де застосовували пряме всівання насіння трав у нерозроблену дернину (нульовий обробіток).

Найбільш якісним за виходом кормових одиниць і перетравного протеїну в середньому за роки досліджень (10,10 т/га і 0,87 т/га) був варіант, де як обробіток ґрунту проводили дискування, з триразовим скошуванням на сіно травосумішки, яка складалася з тимофіївки лучної, мітлиці білої, костриці східної, пажитниці багаторічної, козлятника східного, конюшини гібридної й люцерни посівної.

Суха маса злаково-бобового травостою була достатньо забезпечена перетравним протеїном для годівлі сільськогосподарських тварин. На варіантах з трьома способами передпосівного обробітку ґрунту в 1 кг корму містилося від 78 до 110 г перетравного протеїну. Найменше його було (78 г) в кормі на нульовому варіанті – пряме всівання трав у нерозроблену дернину, де висівали першу травосумішку, що складається з костриці східної, очеретянки звичайної, стоколосу безостого, пажитниці багаторічної, конюшини гібридної, люцерни посівної, козлятника східного.

Важливе джерело високобілкових кормів – формування цінних найбільш продуктивних агрофітоценозів лучних угідь. В умовах Лісостепової зони України проблема білкової нестачі у раціоні тварин, які випасаються, відсутня, адже молода трава пасовищ містить 13–15 % сирого протеїну і повністю забезпечує потребу в ньому худоби. Однак, при використанні сіножатей ускладнюється регулювання, споживання не тільки загальної кількості окремих поживних елементів, але і їх співвідношення. Це обумовлено тим, що хімічний склад сінокісного корму швидко змінюється залежно від стадії вегетації трав, застосування агротехнічних заходів догляду, використання хімічних препаратів, погодних факторів тощо.

На даний час основним у розв'язанні білкової проблеми у кормовиробництві повинна бути трансформація небілкового азоту мінеральних добрив у протеїн рослин, балансування раціонів у годівлі тварин, а також поліпшення агротехнічними заходами співвідношення між окремими поживними елементами ґрунту і в кормі лучних травостоїв на схилових землях.

Вміст сирого протеїну у лучному травостої є одним з основних показників якості кормі. Оптимальна кількість його для нормального функціонування організму тварин за зоотехнічною нормою повинна бути в межах 12–15 % на суху речовину корму³⁴⁵.

Численні біохімічні дослідження корму засвідчили, що якість протеїну у травах знаходиться в прямій залежності від удобрення, вмісту бобового компонента. На думку деяких дослідників при внесенні азоту нагромадження протеїну збільшується протягом вегетаційного використання. Його менше в отаві, ніж у першому укосі, таке явище автори пояснюють наявністю в лучному травостої разом з молодими ще й старих стебел і листків. Найвищий відсоток протеїну в урожаї молодих травостоїв і значно менший у багаторічних³⁴⁶. Менше протеїну в кормі влітку, ніж весною і восени, виявлено у дослідях, проведених в Ірландії³⁴⁷.

Разом із протеїном велике значення в годівлі тварин, особливо жуйних, має вміст у кормі клітковини. Вона відіграє важливу фізіологічну роль не тільки як джерело енергії, а й фактор, що забезпечує нормалізацію процесів травлення в шлунку жуйних тварин. Ефективність використання протеїну, незамінних амінокислот та жирних кислот в організмі лактуючих корів при випасанні на пасовищі або згодовуванні зеленої маси із сіножатеї певною мірою залежить від вмісту в раціоні клітковини. Дефіцит клітковини в раціоні корів приводить до зниження їх продуктивності внаслідок зменшення трансформації протеїну в мікробіальний білок³⁴⁸. Цим пояснюється підвищення ефективності використання протеїну великою рогатою худобою при додаванні до зеленої маси трави грубих кормів (сіна,

³⁴⁵ Вудмаска В. Ю., Дичко С. М. Годівля худоби на промислових комплексах Київ : Урожай, 1974. 136 с.

³⁴⁶ Боговин А. В., Кургак В. Г. Азот – фундамент урожая. *Кормопроизводство*. 1984. № 2. С. 4–5.

³⁴⁷ Fleming G. A., Coutler B. S. Mineral elements in pasture plants. Proc. Ins. Reg. Conf. int. Potash. Inst. Wexford (Ireland). 1963. P. 63–70.

³⁴⁸ Hart F., Orskov E. Effect of type of carbohydrate on the production of microbial nitrogen in the rumen. *Proceedings of the Nutrition Society*. 1980. Vol. 38. P. 130.

сінажу, соломи), які характеризуються високим вмістом клітковини. Оптимальний вміст в кормі клітковини становить у межах 21–27 %.

Рівень продуктивності і якості тваринницької продукції, стан здоров'я тварин залежить і від кількості жирів у рослинній масі. Вони є джерелом теплової енергії (в 1 кг жиру міститься 9,5 ккал енергії), захищають шкіру тварин від висихання та пошкодження. В раціонах тварин дорослої великої рогатої худоби вміст жиру повинен становити 3–5 %, а для телят – 1–1,5 % в сухих речовин³⁴⁹.

Аналіз одержаних нами даних хімічного складу корму показав, що урожайна маса сіяних злаково-бобових травостоїв за роки досліджень була добре забезпечена органічними поживними речовинами та мінеральними елементами й за загальним рівнем вмісту їх в кормі, в основному, відповідала зоотехнічним нормам годівлі великої рогатої худоби.

У наших дослідженнях хімічний склад корму знаходився в суттєвій залежності від видової структури ценозу. Встановлено, що при наявності в травостоях значної кількості бобових у перші роки користування біомаса більше містила сирого протеїну, білка, сирого жиру, кращою була перетравність її сухої маси. У наступні роки, за мірою випадання з травостою бобових рослин величина вищенаведених показників якості корму знаходилась у зворотній залежності (табл. 4).

Одним з основних показників, що характеризують кормову цінність травостою є вміст сирого протеїну в зеленій масі. Оптимальна кількість азотних сполук, виражена в формі сирого протеїну в кормі, повинна становити 12–15 %. Нестача білкових речовин призводить до зниження продуктивності сільськогосподарських тварин, до значної перевитрати кормів на одиницю продукції.

Найбільший вміст сирого протеїну (14,58 %) в сухій масі травостою був на варіанті, де проводили фрезування і висівали другу травосумішку, яка складалася з тимофіївки лучної, мітлиці білої, костриці східної, пажитниці багаторічної, козлятника східного, конюшини гібридної й люцерни посівної. Найнижчий рівень забезпеченості сирим протеїном був на варіанті з нульовим обробітком ґрунту при сівбі першої травосумішки – 10,20 %). Майже однакову частку сирого протеїну відзначено на варіантах, де проводили

³⁴⁹ Клиценко Г. Т. Минеральное питание сельскохозяйственных животных. Киев : Урожай, 1980. 168 с

дискування та висівали другу травосумішку (13,65 %) і фрезування з першою травосумішкою – 13,60 %.

Таблиця 4

**Вміст органічних речовин у злаково-бобовому травостої
залежно від способів обробітку ґрунту та травосумішок, %
на суху речовину (середнє за 2009–2010 рр.)**

№ вар.	Варіанти досліджу		Сирий протеїн	Білок	Сирий жир	Сира клітко- вина	БЕР
	обробіток ґрунту	трово- сумішка					
1	Нульовий – пряме всі- вання трав у нерозроблену дернину	перша	10,20	6,04	1,86	25,4	54,53
		друга	10,45	7,20	1,97	26,6	52,48
2	Фрезування на глибину 10–12см	перша	13,60	10,54	2,15	26,5	48,82
		друга	14,58	11,08	2,24	27,4	46,88
3	Дискування на глибину 12–14см	перша	12,72	8,18	1,98	25,8	50,88
		друга	13,65	8,68	2,16	27,6	48,55

Примітка: перша травосумішка – костриця східна (7 кг/га), очеретянка звичайна (4), стоколос безостий (3), пажитниця багаторічна (4), конюшина гібридна (4), люцерна посівна (4), козлятник східний (4 кг/га); друга травосумішка – тимофіївка лучна (4 кг/га), мітлиця біла (4), костриця східна (6), пажитниця багаторічна (4), козлятник східний (4), конюшина гібридна (4), люцерна посівна (4 кг/га).

За вмістом білка досліджувані варіанти різнилися аналогічно сирому протеїну, оскільки частка білкового азоту в складі загального становила при нульовому обробітку ґрунту – 59,21–68,9 %, фрезуванні – 77,5–76,0 %, дискуванні – 64,31–63,6 % на злаково-бобових травостоях.

На всіх ділянках досліджу відсоток клітковини в сухій масі сінокісного корму незначно відрізнялася і становила 25,4–27,6 %.

У середньому за роки досліджень найвищий вміст сирого жиру був на варіанті де проводили дискування ґрунту на глибину 12–14 см і висівали другу травосумішку, яка складалася з тимофіївки лучної, мітлиці білої, костриці східної, пажитниці багаторічної, козлятника східного, конюшини гібридної й люцерни посівної – 2,16 %.

Безазотисті екстрактивні речовини (БЕР), основу яких складають цукор, крохмаль, інουλін, пектинові речовини, пентозени та ін., беруть участь у різних процесах обміну і визначають доступність валової енергії кормів для засвоєння організмами тварин. У середньому за роки досліджень найменша їх концентрація спостерігалася в сухій масі на варіанті, де як обробіток ґрунту проводили фрезування і висівали другу травосумішку (46,88 %).

Мінеральні речовини, насамперед солі основних макроелементів, відіграють важливу роль у функціонуванні організму тварин. Вони, як і мікроелементи, що містяться у кормах, мають велике практичне значення. Нестача в кормі мінеральних речовин призводить до різних захворювань та зниження продуктивності тварин.

Поживна цінність і хімічний склад корму, певною мірою, обумовлені видовим складом компонентів агрофітоценозу. Видові відмінності в хімічному складі в більшій чи меншій мірі проявляються залежно від обробітку ґрунту, на якому вирощують рослини, оскільки різні види неоднаково реагують на зміну рівня живлення.

Аналіз одержання даних хімічного складу корму показав, що урожайна маса сіяних злаково-бобових травостоїв за роки досліджень була забезпечена органічними поживними речовинами та мінеральними елементами. За загальним рівнем вміст їх у кормі, в основному, відповідав зоотехнічним нормам годівлі великої худоби.

Нашими дослідженнями доведено, що злаково-бобові травосумішки при різних передпосівних обробітках ґрунту характеризувались збалансованим мінеральним складом корму для годівлі ВРХ (табл. 5). Зольність корму в основному залежала від складу травосумішки й менше – від обробітків ґрунту. При сінокісному використанні на еродованих схилах вміст золи та зольних елементів відповідав зоотехнічним нормам годівлі ВРХ.

За роки досліджень, відсоток золи у кормі злаково-бобових травосумішок знаходився в межах 8,01–8,93 % на суху речовину.

Переважно більше зольних елементів нагромаджувалось у першій і другій травосумішці на варіантах, де проводили фрезування як обробіток ґрунту. Так, вміст фосфору становив відповідно 0,89 і 1,02 %, калію – 2,17 %, 2,21 %, кальцію – 0,62 %, 0,68 %, магнію – 0,40 %, 0,31 %, натрію – 0,16 %, 0,17 % на суху речовину. Дещо нижчі показники зольних елементів у сінокісному кормі були при дискуванні ґрунту на глибину 12–14 см і використанні першої та другої травосумішки.

Таблиця 5

Вміст золи і зольних елементів у кормі залежно від травосумішок та обробітків ґрунту, (середнє за 2009–2010 рр.)

№ з/п.	Варіанти досліду		% на суху речовину					
	обробіток ґрунту	травосумішка	зола	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O
1	Нульовий – пряме всівання трав у нерозроблену дернину	перша	8,01	0,80	2,10	0,59	0,18	0,14
		друга	8,50	0,83	2,13	0,63	0,23	0,16
2	Фрезування на глибину 10–12 см	перша	8,93	0,89	2,17	0,62	0,28	0,20
		друга	8,90	1,02	2,21	0,68	0,34	0,23
3	Дискування на глибину 12–14 см	перша	8,62	0,85	2,00	0,65	0,21	0,16
		друга	8,04	0,97	2,12	0,66	0,28	0,18

Примітка: перша травосумішка – костриця східна (7 кг/га), очеретянка звичайна (4), стоколос безостий (3), пажитниця багаторічна (4), конюшина гібридна (4), люцерна посівна (4), козлятник східний (4 кг/га); друга травосумішка – тимофіївка лучна (4 кг/га), мітлиця біла (4), костриця східна (6), пажитниця багаторічна (4), козлятник східний (4), конюшина гібридна (4), люцерна посівна (4 кг/га).

Найвищим вмістом фосфору відзначився корм варіанту де проводили фрезування на глибину 10–12 см і висівали другу травосумішку, яка складалася з тимофіївки лучної, мітлиці білої, костриці східної, пажитниці багаторічної, козлятника східного, конюшини гібридної, люцерни посівної (1,02 % на суху речовину), що пояснюється нижчим виносом цього елемента з урожаєм і вмістом бобових компонентів у травостой. Загальний рівень фосфору в кормі на всіх варіантах дослідів відповідав зоотехнічним нормам.

Вміст калію в кормі значною мірою залежить від ботанічного складу травостою строку його використання і погодних умов. Найбільше калію містить різнотрав'я, менше – злаки й найменше – бобові.

На всіх варіантах дослідів з різними обробітками ґрунту в першій і другій травосумішці калію нагромаджувалося в межах допустимої зоотехнічної норми (2,00–2,21 % на суху масу).

Кальцій виконує першочергову роль у формуванні кісткової тканини тварин і дефіцит даного елементу може призвести до її розрихлення.

У середньому за роки досліджень вміст його складав 0,59–0,68 % на суху речовину. Найбільше кальцію було відмічено в кормі другої травосумішки при всіх обробках ґрунту (нульовий – пряме всівання трав у нерозроблену дернину – 0,63 %, фрезування – 0,68, дискування – 0,66 % на суху речовину).

Важливим елементом при годівлі ВРХ є магній. Нестача магнію в кормі, що згодовується тваринам, викликає захворювання худоби трав'яною тимпанією. Бобові трави мають значно більше магнію, ніж злакові.

У середньому за три роки досліджень вміст магнію складав 0,18–0,34 % на суху речовину. Найвищий відсоток магнію був у травостої на варіантах де проводили фрезування на глибину 10–12 см і висівали другу травосумішку, яка складалася з тимофіївки лучної, мітлиці білої, костриці східної, пажитниці багаторічної, козлятника східного, конюшини гібридної, люцерни посівної (0,34 % на суху речовину). На варіантах де проводили передпосівний обробіток ґрунту і висівали дві травосумішки в сухій масі корму містилось від 0,14 до 0,18 % натрію, що відповідає майже оптимальній нормі.

На даний час використання лучних угідь передбачає запровадження простих і економічно вигідних заходів і технологій підвищення їх продуктивності і якості. Серед них важливе місце займають система обробітку ґрунту, правильний підбір травосумішок, удобрення. Поєднання всіх методів за доглядом лучних травостоїв здатні забезпечити рівень енергомісткості врожаю до 64–70 ГДж, та збільшити умовно чистий дохід у 2–3 рази ³⁵⁰.

Створені лучні угіддя забезпечують тваринництво дешевим і високоякісним кормом. Їх собівартість у декілька разів нижча за зелені корми з орних земель, що дає змогу значно знижувати вартість тваринницької продукції, зокрема молока і м'яса. Чим більшою є частка зеленої маси пасовищ і сіна сіножатей у структурі кормів, тим дешевшою є продукція ³⁵¹.

³⁵⁰ Кургак В. Г. Способи підвищення ефективності використання багаторічних бобових трав у лугівництві. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип. 58. С. 20–28.

³⁵¹ Економіка виробництва молока і молочної продукції в Україні / за ред. П. Т. Саблука і В. І. Бойка. Київ : ННЦ ІАЕ, 2005. 340 с.

Ефективність використання енергії, акумульованої урожаєм до загальнозатраченої у 10 разів вища при вирощуванні багаторічних трав, ніж сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи ³⁵².

Як свідчать раніше проведені дослідження, зниження затрат при створенні сіножатей на схилових землях і виробництві з них кормів можна досягти шляхом застосування сільськогосподарських машин і знарядь, для різного обробітку ґрунту (дискування, фрезування, традиційний обробіток) ³⁵³, використання науково обґрунтованих доз і співвідношення мінеральних добрив, подовження продуктивного довголіття багаторічних трав, підбору адаптованих до місцевих умов кормових культур ³⁵⁴.

Основою визначення економічної ефективності лучних угідь є детальний аналіз витрат на створення і використання сіножатей, а також вихід корму із них.

При визначенні економічної ефективності передпосівного обробітку ґрунту, посіві травосумішок та застосуванні мінеральних добрив ми використовували розрахунки за прямими затратами з технологічних карт загальноприйнятої форми. У технологічних картах за відповідності з технологією тарифний фонд зарплати на механізовані й кінно-ручні роботи, амортизаційні відрахування визначали, виходячи із вартості однієї години роботи трактора чи сільськогосподарської машини (табл. 6).

Ефективність досліджуваних способів визначена нами на основі порівняння показників умовно чистого прибутку, собівартості продукції та рентабельності виходячи з теперішніх ринкових цін на вартість палива, обробітків ґрунту, добрив, насіння та ін. у цінах станом на 01.01.2024 р.

Проведеними дослідженнями встановлено що за два роки експлуатації бобово-злакових агрофітоценозів, створених прямим всіванням у нерозроблену дернину, висівом за фрезування та дискування ґрунту як передпосівний обробіток двох травосумішок, найвищу ефективність забезпечило три укісне використання

³⁵² Дзюбайло А. Г. Біоенергетична оцінка вирощування багаторічних трав у кормових сівозмінах Передкарпаття. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 1999. Вип. 40/41. С. 90–94.

³⁵³ Іршак Р. К. Підвищення продуктивності злаково-бобових травосумішок на еродованих землях, трансформованих із ріллі, в Лісостепу західному : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : 06.01.12. Вінниця, 2009. 23 с.

³⁵⁴ Мойсієнко В. В. Ефективність створення та використання сіяних травостоїв багаторічних трав у умовах Полісся України. *Вісн. ДАУ*. 2004. № 1. С. 51–60.

травостою з тимофіївки лучної, мітлиці білої, костриці східної, пажитниці багаторічної, козлятника східного, конюшини гібридної й люцерни посівної за висіву на фоні дискування на глибину 12–14 см та внесення повного мінерального удобрення $N_{60}P_{60}K_{90}$.

Таблиця 6

Економічна оцінка злакового-бобово травостою залежно від обробітків ґрунту та складу травосумішки, (середнє за 2009–2010рр.)

Варіанти дослідів		Сукупні затрати на 1 га, тис. грн	Вартість вирощеної продукції, тис. грн	Умовно чистий прибуток, тис. грн	Собівартість 1 т кор. од., тис. грн	Окупність 1 грн затрат, грн	Рівень рентабельності, %
Обробіток ґрунту	Траво-сумішки						
Нульовий – пряме всівання трав у нерозроблену дернину	перша	18,5	40,3	21,8	2,8	2,2	117,9
	друга	18,3	39,8	21,5	2,8	2,2	117,7
Фрезування на глибину 10–12 см	перша	21,3	45,2	23,8	2,8	2,1	111,6
	друга	21,2	42,7	21,6	3,0	2,0	101,8
Дискування на глибину 12–14 см	перша	21,6	45,7	24,1	2,8	2,1	111,7
	друга	21,9	48,5	26,5	2,7	2,2	120,9

Примітка: перша травосумішка – костриця східна (7 кг/га), очеретянка звичайна (4), стоколос безостий (3), пажитниця багаторічна (4), конюшина гібридна (4), люцерна посівна (4), козлятник східний (4 кг/га); друга травосумішка – тимофіївка лучна (4 кг/га), мітлиця біла (4), костриця східна (6), пажитниця багаторічна (4), козлятник східний (4), конюшина гібридна (4), люцерна посівна (4 кг/га).

Зокрема, відмічено найнижчі сукупні витрати на створення лучних агрофітоценозів на схилових землях Лісостепу західного за прямого всівання насіння багаторічних трав у нерозроблену дернину – 18,3–18,5 тис. грн/га, що дозволило підняти рентабельність лукопасовищного господарства до 117,7–117,9 %, але на фоні найменшого умовно чистого прибутку 21,5 тис. грн/га за висіву травосумішки з тимофіївки лучної, мітлиці білої, костриці східної,

пажитниці багаторічної, козлятника східного, конюшини гібридної й люцерни посівної.

Найвищу ефективність застосованих технологічних заходів формування багаторічних лучних травостоїв на схилових землях Лісостепу західного 26,5 тис. грн умовно чистого прибутку, 120,9 % рентабельності забезпечило дискування орного шару на глибину 12–14 см, висів бобово-злакової травосумішки з тимофіївки лучної, мітлиці білої, костриці східної, пажитниці багаторічної, козлятника східного, конюшини гібридної й люцерни посівної та внесення повного мінерального удобрення $N_{60}P_{60}K_{90}$.

Висновки

1. Дослідженнями проведеними на ерозійно небезпечних схилових землях Лісостепу західного виведених з активного обробітку встановлено залежність продуктивності злаково-бобових травостоїв від впливу різних способів передпосівного обробітку ґрунту, складу травосумішки та удобрення.

2. Найвищий врожай (10,1 т/га) забезпечує триразове скошування на сіно травосумішки з тимофіївки лучної, мітлиці білої, костриці східної, пажитниці багаторічної, козлятника східного, конюшини гібридної й люцерни посівної за триразового дискування на глибину 12–14 см, як основного обробітку ґрунту еродованого схилу при удобренні в нормі $N_{60}P_{60}K_{90}$.

3. Застосування триразового дискування на глибину 12–14 см, з триразового скошування на сіно травосумішки з тимофіївки лучної, мітлиці білої, костриці східної, пажитниці багаторічної, козлятника східного, конюшини гібридної й люцерни посівної є найбільш продуктивним за виходом кормових одиниць і перетравного протеїну (10,10 і 0,87 т/га) з новостворених лучних агрофітоценозів.

4. Незалежно від способів обробітку ґрунту та складу вихідного травостою кормова маса відзначалася оптимальним для годівлі великої рогатої худоби вмістом сирової клітковини, безазотистих екстрактивних речовин, сирого жиру, золи та зольних елементів. Найбільший вміст сирового протеїну (14,58 %) та білка в сухій масі травостою одержано на фоні фрезування ерозійно небезпечного схилу та висіву даної травосумішки.

5. Найвищу ефективність застосованих технологічних заходів формування багаторічних лучних травостоїв на схилових землях Лісостепу західного 26,5 тис. грн умовно чистого прибутку, 120,9 % рентабельності забезпечило дискування орного шару на глибину

12–14 см, висів бобово-злакової травосумішки з тимофіївки лучної, мітлиці білої, костриці східної, пажитниці багаторічної, козлятника східного, конюшини гібридної й люцерни посівної та внесення повного мінерального удобрення $N_{60}P_{60}K_{90}$.

ЧАСТИНА 7

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ СІВБИ

Вступ

Пшениця є лідером у світі за площами посіву та валовими зборами зерна, однак зростання її виробництва залежить від змін клімату. Розгляд погодних факторів підтверджує їх стрімку зміну зі значним підвищенням температури й коливаннями кількості опадів, що є найбільшим ризиком дестабілізації сільськогосподарського виробництва³⁵⁵. Такі умови впливають на фенологічні фази розвитку пшениці, на строки сівби – дозрівання, що обумовлює формування врожайності зерна³⁵⁶.

У зоні Лісостепу кліматичні зміни в бік потепління та зменшення суми опадів за вегетацію наразі не є критичними для отримання високих врожаїв сучасних сортів пшениці озимої за енергоощадних технологій вирощування (5,8–6,0 т/га). Однак за адаптивним потенціалом вони не можуть ефективно протистояти погодним змінам у роки досліджень³⁵⁷.

Строки сівби, удобрення, ґрунтово-кліматичні умови вирощування, біологічні особливості сорту, агротехнічні та інші чинники в тому числі впливають на рівень врожайності та показники якості зерна³⁵⁸. Максимальні врожаї формуються за оптимального співвідношення всіх вказаних факторів³⁵⁹. Тому корегування технології вирощування пшениці озимої, зокрема строків сівби як одного з важливих факторів, дозволяє повніше використовувати

³⁵⁵ Denisow B., Malinowski D. P. Climate change and the future of our world – implications for plant phenology, physiology, plant communities, and crop management. *Acta Agrobotanica*. 2016. 69 (2):1683. DOI: <http://dx.doi.org/10.5586/aa.1683>.

³⁵⁶ Вплив погодних умов на тривалість окремих періодів вегетації та врожайність пшениці м'якої озимої у Лісостепу й Поліссі / Б. В. Близнюк та ін. *Миронівський вісник*. 2019. Вип. 8. С. 73–90.

³⁵⁷ Оцінювання сортів і ліній пшениці озимої за стабільною врожайністю та адаптивністю в умовах зміни клімату Лісостепу / М. І. Штакал та ін. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 3 (828). С. 62–68.

³⁵⁸ Oliinyk, K.M., Blazhevych, L.Y., & Davydiuk, H.V. The effect of adaptive technologies of cultivation on winter wheat grain quality indices. *Feeds and Feed Production*, 2018. 86, 141–146.

³⁵⁹ Kovalenko, A. M., & Kiriya, Y. P. Yield and quality of seeds of different varieties of winter wheat crop depending on agro cultivation methods and climate change conditions. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 2018. 5 (75). doi: 10.31548/dopovidi2018.05.021.

генетичний потенціал сортів, є одним зі шляхів стабілізації виробництва зерна.

Важливе значення для формування врожайності та якості зерна озимих зернових культур має розвиток рослин впродовж осінньої вегетації та їх перезимівля. Процеси, які відбуваються в осінній період розвитку озимих, зокрема утворення нових пагонів, вторинної кореневої системи, нагромадження пластичних речовин, впливають на їх стійкість до несприятливих умов перезимівлі. Встановлено пряму залежність між ступенем розвитку рослин і строками сівби³⁶⁰. Посіви з оптимальними параметрами надземної біологічної маси, фотосинтезувальної площі листового апарату, структури пагонів, кореневої системи визначають стан елементів продуктивності протягом всієї активної вегетації рослин.

Найкращою продуктивністю та морозостійкістю характеризуються рослини оптимальних строків сівби, які до входження в зиму встигають утворити 3–5 пагонів. Щоб сформувати таку кількість стебел, сума ефективних температур повітря має становити 300–350 °С. Сівбу пшениці озимої за сприятливих умов зволоження доцільно проводити за 45–60 діб до припинення осінньої вегетації, при переході середньодобової температури повітря через +14...+17 °С. За цей період має накопичитися 450–550 °С активних температур і сформуватися 4–5 пагонів. Пагони, що формуються за різних температурних і світлових умов, мають різну зимостійкість. Найбільш розвинутими на кінець осені є рослини ранніх строків сівби³⁶¹. Зміщення строків сівби в бік пізніх призводить до зменшення висоти й маси рослин, кількості стебел і вузлових коренів³⁶². Менш стійкі до несприятливих умов перезимівлі перерослі рослини, що мають 6 і більше стебел, а також 1–3 листки. Велика стійкість до низьких температур, як правило, властива першим 2–3 пагонам рослин оптимальних строків сівби, які формувалися за помірних температур повітря. Кучеренко О. та ін. виявили, що рослини пшениці озимої ранніх строків сівби були менш морозостійкими порівняно з

³⁶⁰ The yield of winter wheat depending on sowing terms / Petrychenko V. F. et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. 11 (3). P. 161–166. DOI: 10.15421/2021_158.

³⁶¹ Вінюков О. О. Вплив строків сівби на продуктивність сортів пшениці озимої різних селекційних центрів України. *Бюлетень Інституту сільськогосподарства степової зони НААН України*. 2015. № 8. С. 158–162.

³⁶² Пикуш Г. Р. Некоторые особенности биологии кушения озимой пшеницы. *Повышение продуктивности озимой пшеницы*. Днепропетровск, 1980. С. 22–29.

висіяними в оптимальні й пізні терміни ³⁶³. У рослин надмірно ранніх строків сівби перші 1–2 пагони більше ушкоджуються за критичних температур повітря в період зимівлі або зовсім гинуть.

За літературними даними, зміщення строків сівби від оптимальних (як у бік ранніх, так і пізніх) призводить до зниження рівня реалізації потенціалу продуктивності посівів ³⁶⁴. За даними Хорішко С. А., найбільшу врожайність пшениці озимої в умовах Північного Степу України отримали на варіантах, де сівбу проводили 15 вересня. Сівба як у більш ранній строк (5 вересня), так і в більш пізній (25 вересня) призводила до зниження врожайності відповідно на 0,45 та 0,40 т/га, або на 9,3 та 8,7 %. За сівби 5 та 15 жовтня врожайність зерна знижувалася ще більш помітно – відповідно на 19,7 та 30,7 % і становила 3,87 та 3,34 т/га ³⁶⁵.

Питання оптимальних строків сівби пшениці озимої в системі удобрення не є новим, воно вивчається вже давно. Ряд дослідників ^{366, 367} у своїх наукових роботах висвітлюють вплив цих чинників на врожайність та певні показники якості зерна пшениці озимої. Однак поява нових сортів, зміна кліматичних умов викликає потребу їх корегувати. Науковці вказують на зміщення оптимальних строків сівби пшениці озимої на більш пізній період, що зумовлене зростанням температурного фону в осінній період. Зокрема зміщення оптимальних строків сівби пшениці озимої у прогнозованих умовах клімату 2030 р. порівняно з періодом до потепління у зоні Західного Лісостепу буде

³⁶³ Impact of climate change on the features of morphological analysis in the evaluation of winter wheat / Kucherenko et al. *Breeding and seed production*. 2015. No. 103. P. 107–114.

³⁶⁴ Ляшенко В. В., Маренич М. М. Вплив строків сівби на продуктивність посівів пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 2. С. 46–50.

³⁶⁵ Хорішко С. А. Продуктивність пшениці озимої залежно від строків сівби та рівня мінерального живлення по стерньовому попереднику в умовах Північного Степу України. *Зрошуване землеробство*. 2015. Вип. 63. С. 12–15.

³⁶⁶ Influence of sowing date on the growth and yield performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties / U. Madhu et al. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 2018. 3 (1). 89–94. doi: 10.26832/24566632.2018.0301014.

³⁶⁷ Yield and sowing qualities of winter bread wheat seeds depending on the preceding crops and sowing dates in the Forest-Steppe of Ukraine / A. Sirosthan et al. *American Journal of Agriculture and Forestry*, 2021. 9 (2), 76–82. doi: 10.11648/j.ajaf.20210902.15.

становити в середньому 16–20 діб^{368, 369}, для Півдня України – 10–15 діб³⁷⁰. Зараз оптимальні строки сівби припадають на 30 вересня і значною мірою залежать від генотипу^{371, 372}.

Дослідники L. Wilson *et al.* (2021)³⁷³ відзначають зростання температурних показників на 2,0 °C з поч. 20 ст., а з 1990-х років на 1,2 градуса. Така тенденція, за прогнозами вчених, вплине на умови вирощування усіх культур. О. Tarariko *et al.* (2022)³⁷⁴ також вказують на те, що зміщення границь ґрунтово-кліматичних зон на північ країни в наступні 20–50 років може зумовити значні зміни в аграрному виробництві взагалі. Вже зараз спостерігається подовження тривалості вегетаційного періоду озимих культур на 10–20 діб за рахунок зростання безморозного періоду зимою, скорочення періоду весняної вегетації, що спонукає змінювати деякі елементи технології вирощування, зокрема переглянути строки сівби озимих культур.

Дослідники В. Bliznyuk *et al.* (2019)³⁷⁵ звертають увагу, що оптимальні строки сівби у різних ґрунтово-кліматичних умовах відрізняються і залежать від попередників, запасів вологи у ґрунті та інших чинників. Лише дотримання оптимальних строків сівби дозволить отримати високу урожайність зерна з відповідними

³⁶⁸ Грицевич Ю. С. Особливості погодних умов передпосівного і осіннього періоду та врожайність озимої пшениці. *Перспективні напрямки розвитку галузей АПК і підвищення ефективності наукового забезпечення агропромислового виробництва* : Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених (м. Тернопіль, 15–16 верес. 2010 р.). Тернопіль, 2010. С. 33–35.

³⁶⁹ Грицевич Ю. С., Самець Н. П. Погодні умови зими, весняного періоду вегетації та ефективність пізніх строків сівби пшениці озимої. *Роль науки у підвищенні технологічного рівня і ефективності АПК України* : Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. (м. Тернопіль, 15–16 трав. 2014 р.). Тернопіль, 2014. Частина 1. С. 65–67.

³⁷⁰ Феоктістов П. О., Блищик Д. В. Вплив змін клімату на строки сівби озимої пшениці на Півдні України. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2014. № 1/2. С. 56–61.

³⁷¹ Gandjaeva L. Effect of sowing date on yield of winter wheat cultivars Grom, Asr and Kuma in Khorezm region. *Bulg. J. Agric. Sci.* 2019. 25 (3). P. 474–479.

³⁷² Формування врожаю і якості зерна пшениці озимої залежно від строків сівби та рівня живлення / А. М. Шувар та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 63. С. 161–173.

³⁷³ Wilson, L., New, S., Daron, J., & Golding, N. *Climate change impacts for Ukraine*. 2021. Devon: Met Office.

³⁷⁴ Dynamics of climate changes and its effect on the performance of cereals according to satellite data / О. Tarariko *et al.* *Agricultural Science and Practice*, 2022. 9 (2), 64–80. doi: 10.15407/agrisp9.02.064.

³⁷⁵ The influence of weather conditions on the duration of certain growing seasons and the yield of soft winter wheat in the Forest Steppe and Polissia / В. В. Bliznyuk *et al.* *Myronivka Bulletin*, 2019. 8, 73–90. doi: 10.31073/mvis201908-07.

показниками якості. За спостереженнями S. Poltoretskyi *et al.* (2020)³⁷⁶ зростання середньодобових температур повітря в осінній період вегетації зумовлює зміщення оптимальних строків сівби у сторону пізніших термінів. За даними V. Petrychenko and O. Korniychuk (2018)³⁷⁷ потепління I половини листопада становить 1,8 °С, що істотно послаблює вплив пізніх строків сівби на умови перезимівлі та дозволяє змістити їх до більш пізніх.

На зміщення термінів сівби пшениці озимої в бік пізніших вказує O. L. Ulich (2018)³⁷⁸: на 30 діб порівняно з термінами сівби в 50-ті роки минулого століття; 10 діб – у 90-ті роки. V. Polovyi *et al.* (2018)³⁷⁹ у своїх дослідженнях також звертають увагу, що порівняно з кінцем XX ст. на початку XXI ст. оптимальні строки сівби змістилися з 15–25.09 до 25.09–5.10. Зростання насінневої продуктивності рослин за зміщення строків сівби з II декади вересня на I декаду жовтня підтверджується дослідженнями R. A. Vozhegova and V. M. Bily (2019)³⁸⁰. За сівби у пізні строки маса 1000 насінин зросла на 31,0, 24,6 та 15,7 % порівняно з першим строком.

За даними O.A. Zaima *et al.* (2024)³⁸¹ дотримання оптимальних строків сівби (третя декада вересня і перша жовтня) забезпечує максимальну врожайність досліджуваних сортів. На зниження продуктивності посівів при відхиленні строків сівби від оптимальних звертає увагу L. Gandjaeva (2019)³⁸². В умовах Полісся за сівби

³⁷⁶ Growth and productivity of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) depending on the sowing parameters / S. Poltoretskyi *et al.* *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020. 10 (2), 81–87. doi: 10.15421/2020_68.

³⁷⁷ Petrychenko, V., & Korniychuk, O. Factors stabilizing winter wheat grain production in Pravoberezhny Forest-Steppe. *Bulletin of Agrarian Science*, 2018. 96 (2), 17–23. doi: 10.31073/agrovisnyk201802-03.

³⁷⁸ Ulich, O. L. Trends in the timing of sowing of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in the southern part of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine due to climate change. *Herald of Agrarian Science*, 2011. 6 (783), 19–24. doi: 10.31073/agrovisnyk201806-03.

³⁷⁹ Polovyi, V., Lukashchuk, L., & Huk, L. Efficiency of intensification of technique of growing winter wheat in Western Forest-steppe. *Bulletin of Agrarian Science*, 2018. 11, 35–40. doi: 10.31073/agrovisnyk201811-05.

³⁸⁰ Vozhegova, R., & Kryvenko, A. The impact of biological products on winter wheat productivity and economic and energy efficiency of the technology of its cultivation in conditions of the Southern Ukraine. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 2019. 23 (1), 39–46. doi: 10.31521/2313-092X/2019-1(101)-6.

³⁸¹ Yield and quality of winter wheat grain under different cultivation technologies / O. A. Zaima *et al.* *Plant Varieties Studying and Protection*, 2024. 20 (1), 51–57. doi: 10.21498/2518-1017.20.1.2024.300136.

³⁸² Gandjaeva, L. Effect of sowing date on yield of winter wheat cultivars Grom, Asr and Kuma in Khorezm region. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2019. 25 (3), 474–479.

10 жовтня отримали на 1,02 т/га нижчу врожайність зерна пшениці озимої, ніж за сівби 10 вересня (3,56 т/га). Однак питання щодо оптимальних строків сівби залишається дискусійним. Зокрема, G. Gutsol and I. Ovcharuk (2023)³⁸³ рекомендують у Правобережному Лісостепу сіяти пізніше на 11 днів, а в окремі роки ці строки можна ще зміщувати. Зростання врожайності за зміщення строків на 10 жовтня порівняно з сівбою 10 вересня отримано також у дослідженнях Н. Chuhrii (2019)³⁸⁴. Максимальні показники врожайності за сівби 5 жовтня отримано і за результатами наших досліджень^{385, 386}.

За даними А. Kryvenko et al. (2019)³⁸⁷ вищу на 25,5 % врожайність одержано за сівби 5 жовтня порівняно зі строком сівби 25 вересня. Однак, подальше зміщення строків сівби на 15 жовтня знижувало врожай зерна на 37,6 %, на 25 жовтня – на 53,2 %. За строків сівби 5 і 15 жовтня сорти пшениці озимої сформували якісніше зерно за натурою і масою 1000 насінин.

Як стверджують R. Vozhegova and V. Bily (2019)³⁸⁸, найбільшу кількість продуктивних стебел та кількість зерен у колосі вони отримали при сівбі в пізні строки. Багато дослідників вказують на зростання якісних показників зерна за більш пізніх строків сівби. За даними S. Shakaliy et al. (2020)³⁸⁹ відзначено зростання масової частки білка в зерні пшениці озимої за сівби 10 жовтня до 12,8–12,6 %, порівняно з сівбою у більш ранні строки (10 вересня) – 11,3–12,0 %.

³⁸³ Gutsol, G., & Ovcharuk, I. Justification of winter wheat sowing timing under global warming conditions. *Agrarian Innovations*, 2023. 18, 41–44. doi: 10.32848/agrar.innov.2023.18.5.

³⁸⁴ Chuhrii, H. A. Formation of the productivity of winter wheat varieties depending on the sowing date in the conditions of the Donetsk region. *Taurian Scientific Herald*, 2019. 107, 178–185. doi: 10.32851/2226-0099.2019.107.24.

³⁸⁵ Productivity of winter wheat depending on sowing dates and fertilization / N. Rudavska et al. *Scientific Horizons*, 2023. 26 (10), 107–115. doi: 10.48077/scihor10.2023.10.

³⁸⁶ Influence of sowing dates and fertilisation on yield and quality of winter wheat grain / N. Rudavska et al. *Scientific Horizons*, 2024. 27 (8), 80–89. <https://doi.org/10.48077/scihor8.2024.80>.

³⁸⁷ Kryvenko, A. I., Pochkolina, S. V., & Bezede, N. G. Yield and grain quality of promising winter wheat varieties at different sowing times in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 2019. 107, 78–85. doi: 10.32851/2226-0099.2019.107.10.

³⁸⁸ Vozhegova, R. A., & Bily, V. M. Dynamics of growth processes, yield and seed quality of winter wheat varieties depending on agrotechnical cultivation measures. *Irrigated Agriculture*, 2019. 71, 166–171.

³⁸⁹ Shakaliy, S., Bahan, A., & Barat, Y. The influence of sowing dates on the yield and grain quality of winter wheat. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 2020. 16 (1). doi: 10.31548/dopovid2020.01.007.

Вищі показники врожайності за сівби 5 жовтня отримано і в наших дослідженнях ^{390, 391}.

Найбільш ефективним чинником підвищення врожайності і якості зерна пшениці озимої є внесення мінеральних добрив. Дослідженнями підтверджується зростання врожаю зернових культур від їх внесення. За даними V. Ivanina and I. Korotenko (2022) ³⁹² використання добрив збільшувало врожайність посівів незалежно від строків сівби. Внесення N₈₀P₆₀K₆₀ під пшеницю озиму у ланці з горохом зумовило зростання врожайності зерна порівняно з контролем без добрив на 1,02 т/га до 5,42 т/га.

На даний час для отримання високої урожайності якісного зерна недостатньо внесення лише макроелементів. Для забезпечення нормального розвитку рослин необхідні й мікроелементи, які підвищують ефективність ферментів і впливають на процеси росту і розвитку рослин.

На думку вчених, застосування мікродобрив може бути значним резервом підвищення продуктивності посівів (Vozhegova & Kryvenko, 2019) ³⁹³. Їх внесення ефективно впливає на процеси росту, а також урожайність і якість зерна. Застосування мікродобрив для обробки насіння або позакореневого підживлення агроценозів є ефективним агротехнічним заходом забезпечення рослин мікроелементами у період вегетації.

Зростання врожайності зерна на 14,5 % порівняно з контролем за внесення стимуляторів росту для оброблення насіння Вимпел-К і листового підживлення Вимпел-2 у комплексі з мікродобривами Оракул відзначили V. Petrychenko and V. Lykhochvor (2020) ³⁹⁴. Тенденцію до зростання маси 1000 зерен і вмісту клейковини на варіантах застосування передпосівної обробки насіння мікродобривом

³⁹⁰ Productivity of winter wheat depending on sowing dates and fertilization / N. Rudavska et al. *Scientific Horizons*, 2023. 26 (10), 107–115. doi: 10.48077/scihor10.2023.10.

³⁹¹ Influence of sowing dates and fertilisation on yield and quality of winter wheat grain / N. Rudavska et al. *Scientific Horizons*, 2024. 27 (8), 80–89. <https://doi.org/10.48077/scihor8.2024.80>.

³⁹² Ivanina, V. V., & Korotenko, I. M. The influence of nitrogen fertilizers and precursors on the productivity of winter wheat. *Cereal Crops*, 2022. 6 (2), 100–105. doi: 10.31867/2523-4544/0238.

³⁹³ Vozhegova, R., & Kryvenko, A. The impact of biological products on winter wheat productivity and economic and energy efficiency of the technology of its cultivation in conditions of the Southern Ukraine. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 2019. 23 (1), 39–46. doi: 10.31521/2313-092X/2019-1(101)-6.

³⁹⁴ Petrychenko, V. F., & Lykhochvor, V. V. *Plant growing. New technologies for growing field crops*. 2020. Lviv : “Ukrainian technologies”.

Вуксал за додаткового листового підживлення посівів мікродобривом відзначають V. Hanhur et al. (2021)³⁹⁵.

Дослідники О. Markovska and Т. Grechishkina (2020)³⁹⁶, V. Hanhur et al. (2021)³⁹⁷ відзначають високу ефективність внесення азотних добрив та листового підживлення мікроелементами. V. Yamkoviyy et al. (2021)³⁹⁸ також стверджують про позитивний вплив мікродобрив на якісні показники зерна пшениці озимої. Так, внесення мікродобрив сприяло зростанню вмісту клейковини в зерні на 3,4–8,8 %, а маса 1000 зерен збільшилася на 4,4–8,1 % порівняно з контролем.

Отже, узагальнюючи вище вказане, слід відзначити, що напрацьовані елементи технологій вирощування, зокрема строки сівби змінюються під впливом погодних чинників і потребують корекції. Актуальним залишається питання удосконалення елементів технології їх вирощування в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, зокрема строків сівби, оптимізації системи удобрення, застосування мікроелементів, за рахунок яких можна суттєво вплинути на реалізацію генетичного потенціалу сортів.

Метою роботи було визначення особливостей формування елементів продуктивності й врожайності сортів пшениці озимої залежно від мінерального удобрення і листового внесення мікроелементів за різних строків сівби в зоні Лісостепу західного.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводили у 2021–2023 рр. на дослідних полях Інститут сільського господарства Карпатського регіону Національної академії аграрних наук України на сірому лісовому поверхнево оглеєному крупнопилувато легкосуглинковому ґрунті. Агрохімічні показники (до закладки досліду): рН (сольової витяжки) – 4,8–5,2, вміст гумусу 1,97–2,2 %

³⁹⁵ The effectiveness of microfertilizers for seed treatment and foliar applications of winter wheat crops. V. V. Hanhur et al. *Scientific Progress & Innovations*, 2021. 2, 46–51. doi: 10.31210/visnyk2021.02.05.

³⁹⁶ Markovska, O. E., & Grechishkina, T. A. Productivity of winter wheat varieties depending on the elements of growing technology in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Agrobiology*, 2020. 1, 96–103. doi: 10.33245/2310-9270-2020-157-1-96-103.

³⁹⁷ The effectiveness of microfertilizers for seed treatment and foliar applications of winter wheat crops. Hanhur, V. V., Kocherha et al. *Scientific Progress & Innovations*, 2021. 2, 46–51. doi: 10.31210/visnyk2021.02.05.

³⁹⁸ Yamkoviyy, V. Yu., Bunyak, O. I., & Yashchuk, N. O. Productivity and quality of winter wheat grains depending on the foliar feeding fertilization with micronutrients in the left bank Forest-Steppe of Ukraine. *Agrarian Innovations*, 2021. 5, 101–107. doi: 10.32848/agrar.innov.2021.5.16.

(визначення проводили методом Тюріна, ДСТУ 7855:2015 (2015))³⁹⁹, азоту легкогідролізного – 99,0–114,2 мг/кг ґрунту (методом Корнфілда, ДСТУ 7863:2015 (2015))⁴⁰⁰, рухомого фосфору 95,2–101,1 і обмінного калію 107,1–112,0 мг/кг ґрунту (методом Кірсанова, ДСТУ 4405:2005 (2005))⁴⁰¹.

Фактор А (сорт): 1. Естафета миронівська; 2. Довіра одеська; 3. Ахім;

Фактор В (строки сівби): I строк сівби (20.09), II строк сівби (5.10), III строк сівби (20.10). Роки проведення дослідження – 2021–2023.

Фактор С (удобрення): 1. N₆₀P₆₀K₆₀; 2. N₁₂₀P₉₀K₉₀; 3. N₁₂₀P₉₀K₉₀ + листкове підживлення Айдаміном-комплексним (1,0 л/га.)

Площа ділянки: посівна – 40,8 м², облікова – 25 м², повторність – 4-х разова. Система захисту включала протруювання насіння препаратом вітавакс 200 ФФ, 34 % в. с. к. (3,0 л/т), внесення гербіциду гроділ максі, 37,5 % о. д. (0,09–0,11 л/га)).

У процесі виконання роботи були застосовані польовий метод, лабораторний (визначення якісних показників зерна) та статистичний (оцінка вірогідності даних).

Польові досліді закладали за методикою V. Ushkarenko et al. (2019)⁴⁰². Обмолот ділянок проводили комбайном «Сампо-130». Перерахунок врожайності здійснювали на стандартну вологість зерна.

Статистичну обробку результатів проводили в програмі «Statistica 6.0» і «Excel 2003».

Оцінку якості зерна за масою 1000 зерен, натурою зерна, скловидністю проводили згідно ДСТУ 3768:2019 Пшениця. Технічні умови.⁴⁰³

Вміст сирого білку і клейковини визначали на ІЧ-аналізаторі Спектран-119 М.

³⁹⁹ DSTU 7855:2015 (2015). *Soil quality. Determining the group composition of humus according to Tyurin's method as modified by Kononova and Belchikova*. Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62737.

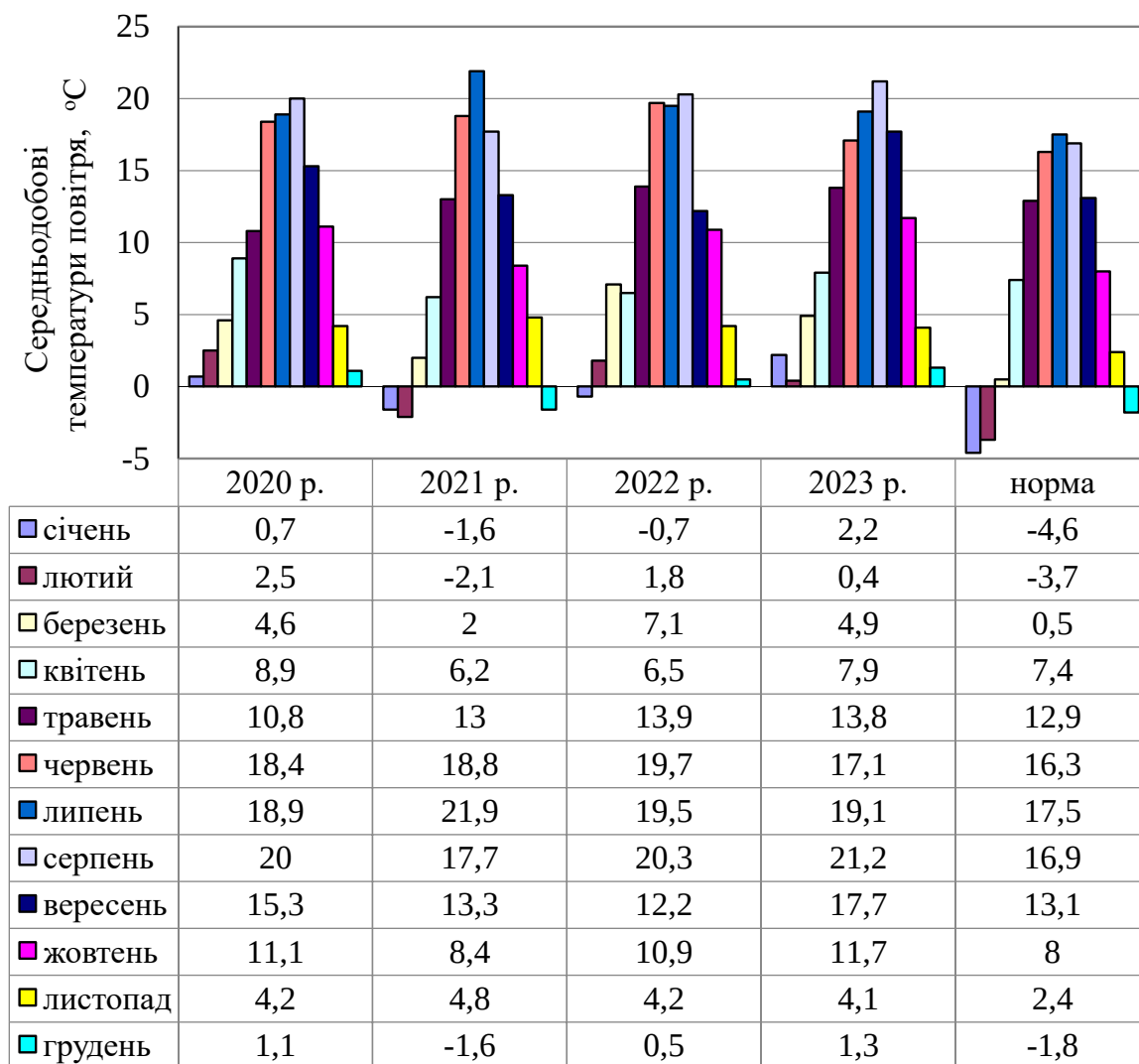
⁴⁰⁰ DSTU 7863:2015. (2015). *Soil quality. Determination of easily hydrolyzable nitrogen by the Kornfield method*. Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62745.

⁴⁰¹ DSTU 4405:2005. (2006). *Soil quality. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by the Kirsanov method in the modification of the National Center of IGA*. Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=60252.

⁴⁰² Methodology of field experiment (irrigated agriculture) / V. O. Ushkarenko et al. 2019. Ukraine : Oldi+.

⁴⁰³ DSTU 3768-2019. (2019). *Wheat. Specifications*. Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82765.

Результати та обговорення. Метеорологічні умови у роки дослідження відрізнялися коливаннями гідротермічних показників, що дало змогу оцінити вплив умов вегетації в осінньо-зимовий період на проходження процесів формування елементів продуктивності й перезимівлю рослин пшениці озимої (рис. 1).

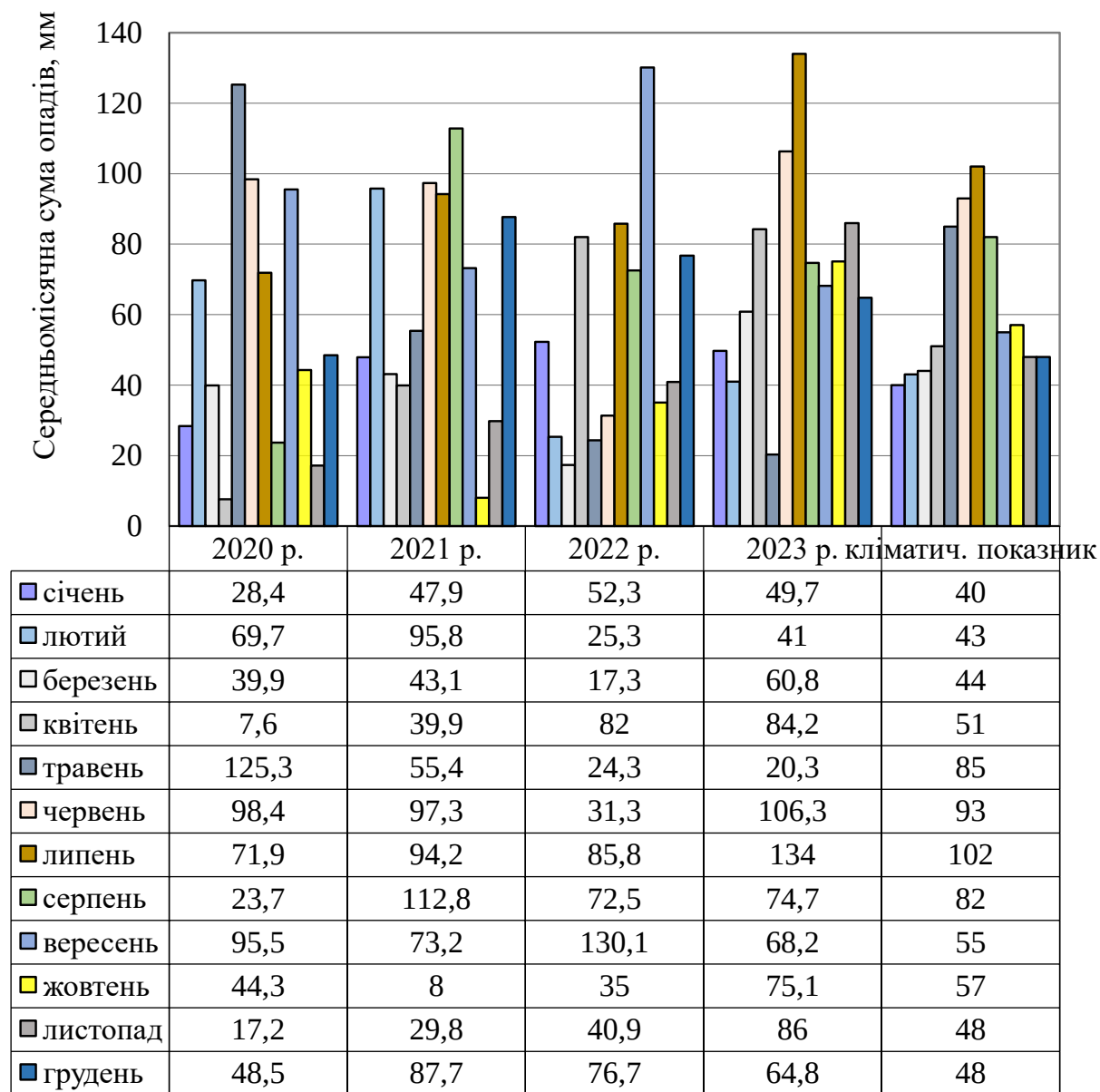


**Рис. 1. Середньодобові температури повітря
(Гідрометеорологічний пост ІСГ КР НААН,
пункт спостереження – Оброшине), 2020-2023 рр.**

Відзначали підвищений температурний режим у періоди вегетації пшениці озимої, за винятком квітня 2021 і 2022 рр., коли середньодобова температура повітря була нижчою за норму (7,4 °C) відповідно на 1,2 і 0,9 °C.

Кількість опадів в окремі місяці значно відрізнялася від кліматичної норми: спостерігали або надлишок опадів, або їх

недостачу. Розподіл за декадами був вкрай нерівномірний, в окремі декади опади були відсутні (рис. 2).



**Рис. 2. Середньомісячна кількість опадів
(Гідрометеорологічний пост ІСГ КР НААН,
пункт спостереження – Оброшине), 2020–2023 рр.**

У 2020/2021 вегетаційному році підготовка ґрунту під посів озимих культур проходила за вкрай несприятливих гідротермічних умов. Дефіцит опадів спостерігали ще з II декади липня і в серпні. Понаднормова кількість опадів випала у вересні 2020 р. (173 % норми)., а вже в жовтні та листопаді спостерігали їх недобір (14 і 35,8 % норми).

Дефіцит опадів відзначено також в осінній період 2021 р. і 2022 р. (у жовтні 14 і 61,4 % від кліматичного показника, листопаді – 62,0 і 85,2 % відповідно). Найбільша кількість опадів була у вересні 2022 р. (236 % норми).

Метеорологічний режим зимових місяців характеризувався значними варіаціями параметрів, особливо за декадами. В цілому за зиму у 2021 р. випало 192,2 мм опадів за норми 131 мм, у 2022 р. – 154,3 мм, у 2023 р. – 155,5 мм (кліматична норма – 131 мм).

Менша кількість опадів була у квітні й травні 2021 р. – відповідно 78,2 і 65,1 % норми, травні 2022 р. – 28,5 %, 2023 р. – 23,8 %.

Червень характеризувався підвищеним температурним режимом і надмірною кількістю опадів у всі роки, за винятком 2022 р., коли випало 31,3 мм опадів за кліматичної норми 93 мм.

У липні більша сума опадів відзначена лише у 2023 р – 134 мм за норми 102 мм, в інші роки їх сума була меншою за норму.

В наших ґрунтово-кліматичних умовах (зона західного Лісостепу) середньобогаторічна дата припинення вегетації припадає на 6 листопада. У роки дослідження відзначали подовження вегетаційного періоду пшениці озимої в осінній період на 10–17 діб. Перехід озимих культур до вимушеного зимового спокою у 2020 і р. відбувся 20 листопада, у 2021 р. – 23 листопада, у 2022 р. – 16 листопада.

Строки сівби й час настання вимушеного зимового спокою безпосередньо впливали на тривалість вегетаційного періоду восени. У роки дослідження його тривалість за першого строку сівби змінювалася від 57 (2022 р.) до 64 діб (2021 р.), за другого строку сівби – від 42 до 49 діб, за третього – від 27 до 34 діб відповідно (табл. 1).

Таблиця 1

Тривалість вегетаційного періоду восени, 2020–2022 рр., діб

Тривалість вегетаційного періоду восени	Дата сівби								
	2020			2021			2022		
	20.09	05.10	20.10	20.09	05.10	20.10	20.09	05.10	20.10
діб	61	46	31	64	49	34	57	42	27

Найдовший період осінньої вегетації рослин пшениці озимої відзначено у 2021 р., вона становила 64 доби за сівби 20.09, 49 діб – за сівби 5.10 і 34 діб – за сівби 20.10.

За період осінньої вегетації сума активних температур повітря має становити 450–550 °С, ефективних температур 300–350 °С. Теплозабезпеченість рослин озимих зернових в осінній період вегетації змінювалася залежно від строків сівби й середньодобових температур повітря у роки дослідження.

У 2020 р. сума активних та ефективних температур, близька до оптимальних значень, була за сівби 20.09 (табл. 2).

Таблиця 2

Сума температур залежно від строків сівби пшениці озимої до припинення осінньої вегетації, °С

Дата припинення вегетації	Сума температур					
	активних, °С			ефективних, °С		
	дата сівби					
	20.09	05.10	20.10	20.09	05.10	20.10
20.11.2020	606,0	390,5	230,0	301,0	160,5	75,0
23.11.2021	496,5	284,8	171,1	184,5	109,8	66,1
16.11.2022	544,3	404,7	267,2	284,3	204,7	204,7

За сівби 20.09 сума активних температур становила 355,1 °С, ефективних – 150,1 °С. Зміщення строків сівби на 20.10 зумовило зменшення цих показників відповідно на 184,0 і 84,0 °С.

Рослини пшениці озимої у 2021 р. незалежно від строків сівби ввійшли в зиму в недостатньому розвитку (ВВСН 11–21). Основним фактором, що зумовив такий стан ценозів, став недобір активних температур в II декаді жовтня.

У 2022 р. за сівби 20.09 сума активних температур становила 544,3°С, ефективних – 284,3 °С. За сівби 5.10 відповідно 404,7 і 204,7 °С. Зміщення строків сівби на 20.10 зумовило зменшення цих показників відповідно на 277,1 і 157,1 °С порівняно з першим строком сівби.

Такі важливі життєві процеси, які відбуваються в осінній період розвитку озимих, як утворення нових пагонів, формування вторинної кореневої системи, нагромадження пластичних речовин визначають їх стійкість до несприятливих умов перезимівлі. Беззаперечно можна стверджувати, що рівень продуктивності озимих зернових закладається в період їх осінньої вегетації й великою мірою залежить від перебігу метеорологічних факторів.

Згідно з методикою проведення досліджень 25.01 та 23.02 проводили відбір рослини пшениці озимої для відрощування, яке проводили меристематичним методом.

Найбільший відсоток рослин із доброю життєздатністю був за сівби 20.09.20, в межах 83,0–93,6 % (табл. 3).

Таблиця 3

**Результати відрощування проб рослин пшениці озимої
станом на 23.02.2021**

Сорт	Дата сівби	Коефіцієнт куціння	% живих рослин із життєздатністю:		% загинлих рослин
			доброю	пониженою	
Естафета миронівська	20.09	3,6	92,8	5,8	1,4
	05.10	2,8	87,6	10,5	1,9
	20.10	1,5	63,3	33,3	3,3
Довіра одеська	20.09	3,4	93,6	4,8	1,6
	05.10	2,6	83,7	14,6	1,7
	20.10	1,1	66,1	32,3	1,6
Ахім	20.09	3,8	83,0	15,1	1,9
	05.10	2,7	78,6	18,3	3,1
	20.10	–	60,3	35,6	4,1

Зміщення строків сівби на 20.10 зумовило зростання кількості рослин із пониженою життєздатністю на 27,5 % у сортів Естафета миронівська, Довіра одеська і 20,5 % у сорту Ахім, одночасно зростав відсоток загинлих рослин.

У 2021/22 вегетаційному році найкращі результати відрощування рослин пшениці озимої також одержано за першого строку сівби (20.09) (табл. 4).

Перезимівля за допустимих строків проходила задовільно, за пізніх – спостерігали найбільший відсоток загинлих рослин (6,4–7,9 %) та рослин із пониженою життєздатністю (30,8–31,6 %).

Найменший відсоток загинлих рослин спостерігали у сорту Естафета миронівська за всіх строків сівби. Зокрема, за сівби 20.09.2021 загинлих рослин не було, за сівби 5.10–3,6 %, 20.10 – 6,4 %.

Таблиця 4

**Результати відрощування проб рослин пшениці озимої
станом на 23.02.2022**

Сорт	Дата сівби, 2021 р.	Фаза розвитку	% живих рослин		% загиблих рослин
			із доброю життєздатністю	із пониженою життєздатністю	
Естафета миронівська	20.09.	ВВСН 21-22	98,3	1,7	—
	5.10	ВВСН 21	87,3	9,1	3,6
	20.10	ВВСН 13-14	62,8	30,8	6,4
Довіра одеська	20.09	ВВСН 21-22	96,2	1,9	1,9
	5.10	ВВСН 13-14	83,3	10,0	6,7
	20.10	ВВСН 12-13	60,5	31,6	7,9
Ахім	20.09	ВВСН 21-22	88,5	9,9	1,6
	5.10	ВВСН 13-14	83,8	10,0	6,2
	20.10	ВВСН 12-13	61,6	31,4	7,0

Аналогічні результати отримано і в 2022/2023 вегетаційному році. Найбільший відсоток рослин із доброю життєздатністю був за першого строку сівби (20.09), за сівби 05.10 зменшився на 0,4–9,5 у сортів Естафета миронівська та Ахім і залишився незмінним у сорту Довіра одеська. За сівби 20.10 спостерігали найбільший відсоток загиблих рослин (4,9–6,8 %) і рослин із пониженою життєздатністю (14,8–18,9 %) (табл. 5).

Таблиця 5

**Результати відрощування проб рослин пшениці озимої
станом на 23.02. 2023**

Сорт	Дата сівби	Фаза розвитку	% живих рослин		% загиблих рослин
			із доброю життєздатністю	із пониженою життєздатністю	
1	2	3	4	5	6
Естафета миронівська	20.09	Кущіння	90,2	9,8	—
	5.10	Кущіння	89,8	6,8	3,4
	20.10	3 листки	80,3	14,8	4,9

Продовження таблиці 5

1	2	3	4	5	6
Довіра одеська	20.09	Кущіння	100,0	—	—
	5.10	Кущіння	100,0	—	—
	20.10	3 листки	91,2	5,9	2,9
Ахім	20.09	Кущіння	94,0	6,0	—
	5.10	Кущіння	84,5	11,3	4,2
	20.10	3 листки	74,3	18,9	6,8

Отже, за результатами трирічних спостережень встановлено, що найбільший вплив на перезимівлю рослин мали строки сівби, метеорологічні умови вегетаційного періоду і сорти. Найбільший відсоток загиблих рослин пшениці озимої відзначено у 2021 р., що насамперед зумовлено недостатнім розвитком рослин перед входом у зиму (ВВСН 11–21). Основним фактором, що зумовив такий стан ценозів став недобір ефективних температур.

Метеорологічні умови вегетаційного періоду і строки сівби мали значний вплив на формування елементів продуктивності пшениці озимої.

Погодні умови початку вегетаційного періоду 2020/2021 рр. характеризувалися достатньою сумою температур та опадів, що сприяло проходженню процесів кущення озимої пшениці. У цей рік усі сорти сформували максимальну кількість стебел на рослині. Найбільша їх кількість (4,2–4,5 шт.) була у сорту Естафета миронівська за сівби 20.09, за сівби 05.10 і 20.10 – зменшилася на 0,9–1,0 шт. (до 3,3–3,5 шт./рослині). У сортів Довіра одеська й Ахім за зміщення строків сівби на 05.10 і 20.10 кількість стебел зменшилася лише на 0,1–0,2 шт. і знаходилася в межах 3,1–3,5 шт./рослину (табл. 6).

В середньому за роки дослідження найбільша кількість стебел на рослині була у сорту Естафета миронівська: за сівби 20.09. – 3,4 шт., 05.10 – 3,0 шт., 20.10 – 2,8 шт. Меншу кількість пагонів відзначено у сортів Довіра одеська й Ахім, відповідно на 0,5–0,7 шт. за першого строку сівби, 0,3 – за другого і 0,4 шт. – за третього.

Збільшення норми мінеральних добрив до $N_{120}P_{90}K_{90}$ сприяло зростанню середньої кількості стебел на рослині у сортів пшениці озимої за всіх строків сівби.

Найбільша кількість синхронно розвинених колосків в колосі в усіх сортів була за внесення $N_{120}P_{90}K_{90}$ і листового підживлення

Айдаміном-комплексним (1,0 л/га). У сорту Естафета миронівська за першого строку сівби – 18,9 шт., за другого – 19,1, третього – 19,2 шт., у сорту Довіра одеська відповідно 16,6, 18,2 і 17,1 шт., у сорту Ахім – 19,2 за першого строку сівби та 19,0 шт. за другого і третього.

Таблиця 6

**Елементи продуктивності рослин пшениці озимої
залежно від сорту та строків сівби**

Варіанти	Кількість стебел на рослині (ВВСН 26–28), шт.				Кількість синхронно розвинених колосків в колосі (ВВСН 29–30), шт.			
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	сер.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	сер.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Естафета миронівська (І строк сівби)								
1	4,2	3,2	2,0	3,1	18,3	17,9	17,0	17,7
2	4,3	3,5	2,7	3,5	18,6	18,2	18,8	18,5
3	4,5	3,8	2,8	3,7	18,5	18,4	19,7	18,9
сер.	4,3	3,5	2,5	3,4	18,5	18,2	18,5	18,4
Естафета миронівська (ІІ строк сівби)								
1	3,3	2,8	2,3	2,8	18,4	18,6	17,8	18,3
2	3,4	3,1	2,5	3,0	18,5	19,2	18,6	18,8
3	3,5	3,2	2,7	3,1	18,6	19,8	18,8	19,1
сер.	3,4	3,0	2,5	3,0	18,5	19,2	18,4	18,7
Естафета миронівська (ІІІ строк сівби)								
1	3,3	2,5	1,9	2,6	17,7	17,8	18,0	17,8
2	3,4	2,6	2,5	2,8	18,4	18,6	18,7	18,6
3	3,5	2,6	3,1	3,1	18,5	18,6	20,5	19,2
сер.	3,4	2,6	2,5	2,8	18,2	18,3	19,1	18,5
Довіра одеська (І строк сівби)								
1	3,4	2,5	2,0	2,6	17,5	15,0	14,3	15,6
2	3,5	2,7	2,7	3,0	17,9	16,0	14,7	16,2
3	3,5	2,8	2,6	3,0	17,9	16,1	15,8	16,6
сер.	3,5	2,7	2,4	2,9	17,8	15,7	14,9	16,1
Довіра одеська (ІІ строк сівби)								
1	3,4	2,1	1,8	2,4	17,3	16,7	16,3	16,8
2	3,5	2,5	2,3	2,8	17,8	18,8	17,4	18,0
3	3,5	2,5	2,4	2,8	17,8	19,0	17,7	18,2
сер.	3,5	2,4	2,2	2,7	17,6	18,2	17,1	17,6

Продовження таблиці 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Довіра одеська (III строк сівби)								
1	3,3	2,0	1,5	2,3	17,2	15,0	14,8	15,7
2	3,4	2,2	1,8	2,5	17,7	16,2	17,4	17,1
3	3,4	2,2	1,9	2,5	17,7	16,1	17,6	17,1
сер.	3,4	2,1	1,7	2,4	17,5	15,8	16,6	16,6
Ахім (I строк сівби)								
1	3,2	2,4	1,9	2,5	18,7	17,3	18,0	18,0
2	3,4	2,9	2,1	2,8	18,9	18,5	18,3	18,6
3	3,3	3,0	2,1	2,8	19,0	19,0	19,6	19,2
сер.	3,3	2,8	2,0	2,7	18,9	18,3	18,6	18,6
Ахім (II строк сівби)								
1	3,2	2,3	1,7	2,4	18,6	17,0	19,0	18,2
2	3,3	2,9	2,2	2,8	19,2	17,8	19,2	18,7
3	3,3	2,9	2,0	2,7	19,1	18,5	19,3	19,0
сер.	3,3	2,7	2,0	2,7	19	17,8	19,2	18,7
Ахім (III строк сівби)								
1	3,1	2,1	1,2	2,1	18,6	17,0	19,4	18,3
2	3,2	2,3	2,2	2,6	19,1	18,0	19,6	18,9
3	3,3	2,3	2,2	2,6	19	18,2	19,7	19,0
сер.	3,2	2,2	1,9	2,4	18,9	17,7	19,6	18,7

Примітка: 1. $N_{60}P_{60}K_{60}$; 2. $N_{120}P_{90}K_{90}$; 3. $N_{120}P_{90}K_{90}$ + листкове підживлення Айдаміном-комплексним (1,0 л/га.)

Встановлено, що з-поміж усіх сортів найвищу врожайність за варіантами дослідження забезпечив сорт Естафета миронівська за сівби 5 жовтня, в середньому вона становила 5,29 т/га (табл. 7).

Врожайність зерна на варіанті удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ становила 4,37 т/га. Зростання норми мінерального удобрення до $N_{120}P_{90}K_{90}$ дало вірогідний приріст врожайності до контрольного варіанту 1,29 т/га, застосування Айдаміну комплексного – 0,17 т/га.

Сівба сорту Естафета миронівська 20.10 зумовила зниження середньої врожайності на 0,69 т/га (до 4,6 т/га) порівняно до другого строку сівби (05.10), а сівба 20.09 – на 0,45 т/га (до 4,84 т/га). Формування вищих показників врожайності на всіх без винятку варіантах досліду у роки проведення дослідження у сорту Естафета миронівська відзначено за другого строку сівби (05.10).

Таблиця 7

Врожайність пшениці озимої залежно від елементів технології, 2021–2023 рр., т/га

Варіанти	Врожайність, т/га											
	І строк сівби (20.09)				ІІ строк сівби (5.10)				ІІІ строк сівби (20.10)			
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Сер.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Сер.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Сер.
Сорт Естафета міронівська												
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,09	4,00	4,01	4,0	4,45	4,32	4,35	4,37	3,75	4,15	3,31	3,73
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	5,04	5,03	5,38	5,15	5,75	5,54	5,69	5,66	4,76	5,18	4,99	4,97
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ + Айдамін	5,26	5,27	5,49	5,34	6,0	5,65	5,84	5,83	4,93	5,30	5,10	5,11
середнє	4,8	4,77	4,96	4,84	5,42	5,17	5,26	5,29	4,48	4,88	4,46	4,6
Сорт Довіра одеська												
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,56	3,23	4,26	3,68	4,36	3,79	3,93	4,02	3,47	3,26	3,5	3,41
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	4,51	4,07	5,59	4,72	5,35	4,81	5,2	5,12	4,66	4,35	5,04	4,68
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ +Айдамін	4,68	4,24	5,62	4,84	5,47	4,92	5,27	5,22	4,78	4,45	5,14	4,79
середнє	4,25	3,85	5,15	4,41	5,06	4,51	4,8	4,78	4,30	4,02	4,56	4,29
Сорт Ахім												
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,08	3,54	4,52	4,04	4,26	4,13	4,31	4,23	3,54	3,68	4,16	3,79
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	5,13	4,57	6,34	5,35	5,29	5,07	5,89	5,41	4,68	4,81	5,32	4,93
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ + Айдамін	5,28	4,70	6,41	5,46	5,47	5,18	5,95	5,53	4,89	4,96	5,46	5,1
середнє	4,83	4,27	5,75	4,95	5,0	4,79	5,38	5,05	4,37	4,48	4,94	4,59
НІР _{0,5} , т/га												
А (строки)	0,058	0,061	0,061	0,061								
В (добрива)	0,058	0,064	0,062	0,062								
С (сорти)	0,058	0,061	0,063	0,063								
АВС (взаємодія)	0,173	0,190	0,188	0,188								

У сортів Довіра одеська й Ахім у 2021 і 2022 роках найвищу врожайність відзначили за сівби 05.10, а в 2023 р. – за сівби 20.09. Однак, в середньому за роки дослідження (2021–2023 рр.) ці сорти максимальну врожайність також сформували за другого строку сівби (05.10), вона становила 4,78 і 5,05 т/га. Приріст від добрив становив відповідно 1,1 і 1,18 т/га, від листового підживлення – 0,1 і 0,12 т/га.

Сорт Довіра одеська за першого строку сівби (20.09) сформував нижчу середню врожайність ніж за сівби 05.10 на 0,37 т/га, а за сівби 20.10 урожайність зменшилася на 0,49 т/га.

Вірогідне зниження врожайності порівняно з другим строком сівби отримали й на посівах пшениці сорту Ахім, в середньому на 0,1 т/га за сівби 20.09 і 0,46 т/га (20.10). За внесення $N_{120}P_{90}K_{90}$ приріст врожайності сортів пшениці за сівби 20.09 порівняно до контролю становив 1,04–1,31 т/га, за другого строку – 1,1–1,29 т/га, за третього строку сівби – 1,14–1,27 т/га.

Листкове підживлення посівів мікродобривом забезпечило вірогідний приріст врожайності в межах 0,10,17 т/га. З-поміж усіх сортів найвищу врожайність забезпечив посів пшениці озимої сорту Естафета миронівська за сівби 5 жовтня (5,83 т/га), внесення норми мінеральних добрив $N_{120}P_{90}K_{90}$ та листового підживлення мікродобривом Айдамін комплексний.

Врожай зерна на контрольному варіанті ($N_{60}P_{60}K_{60}$) становив 4,37 т/га. Зростання норми мінеральних добрив дало вірогідний приріст врожайності 1,29 т/га, застосування Айдаміну комплексного – 0,17 т/га.

Врожайність посівів продукується на основі індивідуальних показників окремих рослин. Оскільки компоненти структури врожаю в процесі вегетації закладаються в різний час, тому за результатами аналізу структури можна зробити висновок про особливості їх формування в процесі росту та розвитку пшениці озимої.

Кількість продуктивних стебел на одиниці площі є найважливішим елементом структури врожайності й визначається кількістю рослин та їх продуктивною кущистістю. Як недостатнє, так і надмірне кущіння знижує врожайність відповідно або через малу кількість продуктивних стебел, або навпаки – загущення і вилягання. Максимальна урожайність в умовах західного Лісостепу України забезпечується за густоти 500–700 продуктивних стебел на m^2 залежно від сорту і агроекологічних умов.

Результатами наших досліджень встановлено, що строки сівби та застосування мінерального удобрення і позакореневого підживлення мікроелементами значно впливають на формування індивідуальної продуктивності пшениці озимої (табл. 8).

Найбільшу кількість продуктивних стебел сорти Естафета миронівська і Довіра одеська сформували за другого строку сівби, в середньому 528 і 521 шт./м², сорт Ахім – за сівби 20.09 – в середньому 485 шт./м².

Таблиця 8

**Структура врожаю пшениці озимої
залежно від строків сівби і удобрення, середнє за 2021–2023 рр.**

Варіант	Кількість продукт. стебел, шт.			Кількість зерен в колосі, шт.			Вага зерна 1 колосу, г		
	I строк сівби	II строк сівби	III строк сівби	I строк сівби	II строк сівби	III строк сівби	I строк сівби	II строк сівби	III строк сівби
Сорт Естафета миронівська									
1	467	510	470	30,6	33,5	32,5	1,12	1,17	1,07
2	508	537	504	32,1	34,4	34,0	1,28	1,34	1,26
3	506	537	505	32,9	34,6	34,4	1,33	1,36	1,28
сер.	494	528	311	31,7	34,2	33,6	1,24	1,29	1,20
Сорт Довіра одеська									
1	503	504	457	27,5	31,2	30,9	0,98	1,05	0,98
2	513	531	487	30,1	31,8	32,5	1,15	1,20	1,21
3	508	529	488	31,0	32,2	33,0	1,19	1,22	1,24
сер.	508	521	477	29,6	31,7	32,1	1,10	1,16	1,14
Сорт Ахім									
1	463	454	438	32,7	34,7	34,2	1,15	1,10	1,09
2	491	491	464	34,9	36,1	36,3	1,33	1,34	1,30
3	500	495	467	35,4	36,5	37,0	1,36	1,36	1,33
сер	485	480	456	34,3	35,8	35,8	1,28	1,27	1,25

Примітка: 1. N₆₀P₆₀K₆₀; 2. N₁₂₀P₉₀K₉₀; 3. N₁₂₀P₉₀K₉₀ + листкове підживлення Айдаміном-комплексним (1,0 л/га.)

Вищою озерненістю колоса характеризувався сорт Ахім. Середня кількість зерен у колосі у сорту Ахім була 34,3 шт. за першого строку сівби, 35,8 шт. за другого строку і третього строку. У сорту Естафета миронівська більша кількість зерен в колосі була за сівби 05.10,

відповідно 34,2 шт. За сівби 20.10 їх середня кількість була меншою на 0,5 шт. Найменшу кількість зерен у колосі відзначено у сорту Довіра одеська (29,6–32,1 шт.).

За вагою зерна з одного колоса вирізнявся сорт Ахім з показниками 1,25–1,28 г. У сорту Естафета миронівська вага зерна з колоса була в межах 1,2–1,29 г, у сорту Довіра одеська – 1,1–1,16 г.

Кількість зерен у колосі зростала від першого до третього строку сівби. Найбільша кількість зерен у колосі була у сорту Ахім в середньому 34,3–35,9 шт., у сорту Естафета миронівська – 31,7–34,2 шт., Довіра одеська – 29,6–32,1. Вага зерна з одного колоса у сорту Естафета миронівська була в межах 1,2–1,29 г, Ахім – 1,25–1,28 г з колоса, Довіра одеська – 1,1–1,16 г.

На всіх варіантах дослідів незалежно від строків сівби спостерігали зростання значення структурних показників врожаю (кількість зерен в колосі, ваги зерна з 1 колосу) та якості зерна від внесення мінерального удобрення у дозі $N_{120}P_{90}K_{90}$ та позакореневого підживлення мікродобривом (Айдамін-комплексний листове підживлення) у IV та VIII етапах органогенезу. Високі врожаї зерна не завжди супроводжуються відповідними показниками якості. Часто зерно має низьку якість, яка не відповідає вимогам харчової промисловості.

Як свідчать результати проведених досліджень, безпосередній вплив на якісні показники зерна (масу 1000 зерен, натуру, скловидність) мають строки сівби.

У 2021 р. найбільшу масу 1000 зерен рослини пшениці озимої сорту Естафета миронівська отримали за висіву 20.09.2021, за сівби 05.10 і 20.20.2021 спостерігали зниження маси на 0,77 і 1,99 г (табл. 9).

У пшениці озимої сорту Довіра одеська та Ахім найвищу масу 1000 зерен відмітили за другого строку сівби (05.10). Відхилення від цього строку в сторону ранніх термінів знизило масу 1000 насінин відповідно на 0,51 і 1,11 г, пізніх – на 0,89 і 2,91 г. Натура зерна пшениці озимої сорту Естафета миронівська знаходилася в межах 799,6–800,7, Довіра одеська – 737,0–750,9, Ахім – 750,9–768,57 г/л.

Показники натури зерна у пшениці сорту Естафета миронівська незначно реагували на строки сівби, тоді як у пшениці сортів Довіра одеська та Ахім спостерігали зниження цього показника від першого до третього строку сівби. У всіх сортів пшениці озимої зафіксовано зростання скловидності зерна від першого до третього строку сівби. Вищу скловидність зерна відзначали у пшениці сорту Естафета миронівська – в межах 55,3–60,75 %.

Таблиця 9

**Маса 1000 зерен і якісні показники зерна пшениці озимої
залежно від досліджуваних чинників, 2021–2023 рр.**

№ вар	Маса 1000 зерен, г				Натура зерна, г/л				Скловидність, %			
	2021	2022	2023	сер	2021	2022	2023	сер	2021	2022	2023	сер
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Сорт Естафета миронівська – I строк сіви												
1	41,16	42,64	39,4	41,07	790,2	800,2	781,5	790,6	47,0	69,25	49,75	55,3
2	42,15	43,91	40,58	42,21	804	809,7	784,0	799,2	56,0	73,0	72,5	67,2
3	43,22	44,04	41,64	42,97	804,7	810,6	784,5	799,9	63,0	76,5	72,75	70,8
сер.	42,2	43,5	40,5	42,1	799,6	806,8	783,3	796,6	55,3	72,9	65,0	64,4
Сорт Естафета миронівська – II строк сіви												
1	41,11	44,26	40,69	42,0	789,5	798,0	783,2	790,2	51,0	73,5	53,25	59,3
2	41,5	44,51	40,89	42,3	802,5	811,5	792,0	802,0	59,5	79,5	76,0	71,7
3	41,62	45,17	41,27	42,7	806,2	813,8	793,2	804,4	65,5	81,25	79,5	75,4
сер.	41,4	44,6	41,0	42,3	799,4	807,8	789,5	798,9	58,7	78,1	69,6	68,8
Сорт Естафета миронівська – III строк сіви												
1	39,95	42,58	39,42	40,7	790,0	801,5	776,2	789,2	58,75	70,25	57,75	62,3
2	40,26	42,85	40,76	41,3	805,8	807,9	792,5	802,1	60,5	80,75	75,0	72,1
3	40,37	43,56	41,37	41,8	806,3	810,8	793,3	803,5	63,0	81,5	77,5	74,0
сер.	40,2	43,0	40,5	41,2	800,7	806,7	787,3	798,3	60,8	77,5	70,1	69,4

Продовження таблиці 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Сорт Довіра одеська – I строк сіви												
1	37,69	38,25	38,5	38,1	740,7	798,0	736,2	758,3	22,75	42,0	16,0	26,9
2	39,68	40,76	40,34	40,3	754,7	804,3	769,0	776,0	24,5	53,75	37,75	38,7
3	40,2	41,41	41,18	40,9	757,3	805,8	772,3	778,5	27,25	57,5	39,0	41,3
сер.	39,2	40,1	40,0	39,8	750,9	802,7	759,2	770,9	24,8	51,1	30,9	35,6
Сорт Довіра одеська – II строк сіви												
1	39,28	40,01	40,96	40,1	745,3	795,2	761	767,2	23,5	38,5	26,75	29,6
2	39,23	41,61	41,24	40,7	745,7	804,4	776,7	775,6	28,0	62,25	33,0	41,1
3	40,59	41,91	41,27	41,3	749,5	804,5	777,3	777,1	29,0	63,5	36,25	42,9
сер.	39,7	41,2	41,2	40,7	746,8	801,4	771,7	773,3	26,8	54,8	32,0	37,9
Сорт Довіра одеська – III строк сіви												
1	37,82	38,65	36,55	37,7	730,2	795,0	749,2	758,1	28,25	48,25	21,25	32,6
2	39,13	40,29	39,62	39,7	739,0	803,8	765,7	769,5	31,0	64,75	31,0	42,3
3	39,47	41,43	39,74	40,2	741,8	804,0	767,2	771,0	31,25	76,25	31,75	46,4
сер.	38,8	40,1	38,6	39,2	737,0	800,9	760,7	766,2	30,2	63,1	28,0	40,4

Продовження таблиці 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Сорт Ахім – I строк сівби												
1	37,11	38,63	43,73	39,8	765,0	769,3	759,8	764,7	41,25	11,0	49,75	34,0
2	41,59	42,11	44,38	42,7	768,7	777,9	776	774,2	50,75	43,0	58,0	50,6
3	42,42	42,39	44,78	43,2	772,0	787,2	776,7	778,6	53,0	53,5	59,0	55,2
сер.	40,4	41,0	44,3	41,9	768,6	778,1	770,8	772,5	48,3	35,8	55,6	46,6
Сорт Ахім – II строк сівби												
1	39,94	42,8	41,35	41,4	768	769,6	762,7	766,8	46,25	17,5	45,25	36,3
2	41,71	42,94	42,39	42,3	744,7	772,4	777,7	764,9	58,25	38,25	68,0	54,8
3	42,79	43,07	42,9	42,9	756,7	787,4	780,5	774,9	58,75	47,75	72,75	59,8
сер.	41,5	42,9	42,2	42,2	756,5	776,5	773,6	768,9	54,4	34,5	62,0	50,3
Сорт Ахім – III строк сівби												
1	37,46	33,64	38,52	36,5	752,2	767,9	762,7	760,9	56,0	26,0	46,5	42,8
2	38,53	37,44	39,96	38,6	745,2	770,8	775,5	763,8	59,75	49,75	78,5	62,7
3	39,71	37,7	39,92	39,1	755,3	787,3	775,7	772,8	61,0	51,75	79,0	63,9
сер.	38,6	36,3	39,5	38,1	750,9	775,3	771,3	765,8	58,9	42,5	68,0	56,5

Примітка: 1. N₆₀P₆₀K₆₀; 2. N₁₂₀P₉₀K₆₀; 3. N₁₂₀P₉₀K₉₀ + листкове підживлення Айдаміном-комплексним (1,0 л/га).

У 2022 р. найвищу масу 1000 зерен (42,58–45,17 г), натуру зерна (800,2–813,8 г/л) і скловидність (58,1–73,4 %) відзначено у сорту Естафета миронівська. У пшениці озимої сорту Довіра одеська маса 1000 зерен становила 38,25–41,91 г, натура зерна – 795,0–805,8 г/л, скловидність – 38,5–76,25 %; у сорту Ахім відповідно 38,63–43,07 г, 767,9–787,3 г/л, скловидність – 26,13–56,38 %. Вміст білка і клейковини в зерні пшениці озимої змінювався залежно від строків сівби. Відзначено зростання цих показників від ранніх строків сівби до оптимальних та пізніх (табл. 10).

Пшениця озима сорту Естафета миронівська у 2021 р. незалежно від термінів сівби (крім контрольних ділянок) за вмістом білка, сирогої клейковини, скловидністю, натурою сформувала зерно II класу, на контролі – IV класу якості (ДСТУ 3768:2019, 2019). Сорт Довіра одеська за сівби 20.09 і 05.10.2021 на контролі сформував зерно IV класу якості, за удобрення $N_{120}P_{90}K_{90}$ і внесення мікродобрива отримали зерно, яке відноситься до III класу. До III класу належало і зерно за сівби 20.10.2021. Пшениця озима сорту Ахім за сівби 20.10.2021 на контрольному варіанті мала зерно IV клас якості, на інших варіантах – III класу.

У 2022 р. за всіх строків сівби сорт Естафета миронівська за внесення $N_{120}P_{90}K_{90}$ і підживлення мікродобривом сформувала зерно першого класу якості. Таку ж якість зерна отримали за третього строку сівби на варіанті, де проводили удобрення мінеральним добривом з розрахунку $N_{120}P_{90}K_{90}$. На інших варіантах зерно відповідало II класу якості. Сорт Довіра одеська на контрольних варіантах за всіх строків сівби й на варіанті удобреному $N_{120}P_{90}K_{90}$ за першого строку сівби сформував зерно III класу якості, на інших варіантах – II класу якості. Найнижчі показники якості зерна були у сорту Ахім на контрольних ділянках за всіх строків сівби (IV клас якості). На варіантах удобрення $N_{120}P_{90}K_{90}$ одержали зерно III класу якості, на інших варіантах – II.

Сорт Естафета миронівська у 2023 р. сформував зерно I класу якості на варіантах удобрення $N_{120}P_{90}K_{90}$ і III класу якості на контрольних варіантах за всіх строків сівби. Зерно пшениці сорту Ахім за другого і третього строку сівби на варіанті удобрення $N_{120}P_{90}K_{90}$ і листового підживлення айдаміном комплексним відноситься I класу, на інших варіантах – до II й III класу якості. Зерно II й III класу якості сформував також сорт Довіра одеська.

Таблиця 10

Окремі показники якості зерна пшениці озимої, 2021–2023 рр.

№ вар.	Білок, %				Сира клейковина, %				Зольність, %			
	2021	2022	2023	Сер.	2021.	2022	2023	Сер.	2021.	2022.	2023	Сер.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Естафета миронівська – I строк сівби												
1	11,7	12,8	11,4	12,0	17,1	26,1	20,5	21,2	1,2	1,3	1,3	1,3
2	14,3	13,9	14,5	14,2	25,3	27,8	28,3	27,1	1,3	1,3	1,3	1,3
3	14,7	14,5	15,1	14,8	25,5	29,9	30,3	28,6	1,3	1,3	1,3	1,3
Естафета миронівська – II строк сівби												
1	11,7	12,8	11,4	12,0	17,4	24,7	20,5	20,8	1,3	1,3	1,3	1,3
2	14,4	13,9	14,8	14,4	25,8	28,2	31,7	28,5	1,3	1,3	1,3	1,3
3	14,8	14,4	15,1	14,8	26,4	29,9	31,9	29,4	1,3	1,3	1,3	1,3
Естафета миронівська – III строк сівби												
1	12,0	12,5	13,7	12,7	17,9	23,4	27,6	23,0	1,3	1,3	1,3	1,3
2	14,6	14,3	14,8	14,6	26,2	29,5	31,9	29,2	1,3	1,3	1,3	1,3
3	15,0	14,4	15,4	14,9	26,7	29,4	33,3	29,8	1,3	1,3	1,3	1,3
Довіра одеська – I строк сівби												
1	11,3	11,4	10,2	11,0	15,9	20,8	17,3	18,0	1,3	1,3	1,3	1,3
2	12,5	11,6	11,8	12,0	20,2	21,5	22,6	21,4	1,3	1,3	1,3	1,3
3	13,0	12,8	12,6	12,8	21,1	24,7	24,5	23,4	1,3	1,3	1,3	1,3

Продовження таблиці 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Довіра одеська – II строк сіви												
1	11,6	11,2	12,5	11,8	16,1	20,5	23,9	20,2	1,3	1,3	1,3	1,3
2	12,8	13,0	13,0	12,9	21,4	25,5	25,7	24,2	1,3	1,3	1,3	1,3
3	13,5	13,5	13,6	13,5	22,1	27,3	27,2	25,5	1,3	1,3	1,3	1,3
Довіра одеська – III строк сіви												
1	12,7	11,8	12,0	12,2	19,6	21,9	22,7	21,4	1,3	1,3	1,3	1,3
2	13,4	13,5	13,3	13,4	21,6	26,4	26,3	24,7	1,3	1,3	1,3	1,3
3	13,9	13,6	13,5	13,7	22,3	27,2	26,7	25,4	1,3	1,3	1,3	1,3
Ахім – I строк сіви												
1	12,1	10,3	10,9	11,1	17,8	17,4	19,4	18,2	1,3	1,3	1,3	1,3
2	12,9	11,9	12,0	12,3	19,9	21,8	22,0	21,2	1,3	1,3	1,3	1,3
3	13,5	13,0	13,5	13,3	20,7	25,1	26,7	24,2	1,3	1,3	1,3	1,3
Ахім – II строк сіви												
1	12,3	10,5	11,0	11,3	18,2	18,8	20,1	19,0	1,3	1,3	1,3	1,3
2	13,1	12,4	13,8	13,1	20,6	22,7	27,9	23,7	1,3	1,3	1,3	1,3
3	13,7	13,1	14,0	13,6	21,2	24,9	28,7	24,9	1,3	1,3	1,3	1,3
Ахім – III строк сіви												
1	12,6	10,5	12,3	11,8	18,6	18,8	22,7	20,0	1,3	1,3	1,3	1,3
2	13,4	12,4	13,3	13,0	20,8	23,1	25,9	23,3	1,3	1,3	1,3	1,3
3	13,9	13,1	14,0	13,7	21,5	25,0	28,6	25,0	1,3	1,3	1,3	1,3

Примітка: 1. N₆₀P₆₀K₆₀; 2. N₁₂₀P₉₀K₉₀; 3. N₁₂₀P₉₀K₉₀ + листкове підживлення Айданіном-комплексним (1,0 л/га.)

Висновки

Результати досліджень свідчать про те, що в ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу Західного найбільшу врожайність агроценози пшениці озимої забезпечили за сівби 05.10. За вказаного строку сівби сорт Довіра одеська сформував середню врожайність на рівні 4,78 т/га, Ахім – 5,05, Естафета миронівська – 5,29 т/га.

Зміщення строків сівби як у сторону більш ранніх (20.09), так і в пізніші терміни (20.10) зумовило зниження врожайності. Відхилення від зазначених показників у сорту Естафета миронівська становило відповідно 0,45 і 0,69 т/га, Довіра одеська – 0,37 і 0,49 т/га, Ахім – 0,1 і 0,46 т/га.

Хоча, в середньому за роки дослідження кращим строком сівби був другий (05.10), сорти в окремі роки по різному формували врожайність. З-поміж усіх досліджуваних сортів лише сорт Естафета миронівська стабільно забезпечував найвищі показники врожайності за сівби 05.10. Сорти Довіра одеська й Ахім у 2021 і 2022 рр. найвищу врожайність сформували за сівби 05.10, а у 2023 р. – за сівби 20.09. Найменша врожайність усіх сортів пшениці була за сівби 20.10.

Зростання норми внесення мінеральних добрив до $N_{120}P_{90}K_{90}$ сприяло збільшенню урожайності зерна за всіх строків сівби. Залежно від сорту і варіанту досліду приріст становив 1,04–1,31 т/га. Листкове внесення мікродобрива Айдамін комплексний забезпечило додаткове зростання врожайності на 0,11–0,19 т/га.

З-поміж сортів найбільшу врожайність (5,83 т/га) забезпечила пшениця озима сорту Естафета миронівська за сівби 5 жовтня, внесення мінеральних добрив у нормі $N_{120}P_{90}K_{90}$ та мікродобрив Айдамін комплексний листкове підживлення. Приріст від мінеральних добрив становив 1,29 т/га, від внесення мікродобрив – 0,17 т/га.

Внесення мінеральних добрив і фоліарне підживлення мікроелементами зумовили зростання якісних показників зерна на всіх варіантах досліду. В середньому за роки дослідження у всіх сортів маса 1000 зерен була максимальною за другого строку сівби (05.10), натура зерна у сортів Естафета миронівська і Довіра одеська – за другого строку, Ахім – за першого, скловидність зростала від першого до третього строку сівби. У перспективі подальші дослідження можуть бути спрямовані на вивчення нових сортів пшениці озимої, пошук ефективних мікродобрив, стимуляторів росту, які б зменшили вплив негативних біотичних і абіотичних факторів протягом вегетаційного періоду і забезпечили стабільну урожайність зерна високої якості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Частина 1

1. Agricultural science – production: agronomy / edited by O. Stasiv Obroshyne : Publishing House of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the NAAS, 2023. 452 p.
2. Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment / Muyesaier Tudi et al. *Int J. Environ Res Public Health*. 2021. V. 18 (3). P. 1112.
3. Agriculture of the 21st Century – Problems and Solutions / V. F. Kaminsky et al. 2015. Kyiv : Edelweiss, 272 p.
4. Agrios G. N. Plant pathology. Fifth edition. Elsevier Acad Press ; 2005. Amsterdam, 922 p.
5. Agroecological assessment of mineral fertilizers and pesticides: monograph / V. P. Patyka et al. ; ed. V. P. Patyka. 2005. Kyiv : Osnova, 300 p.
6. Assessment of winter barley varieties for adaptability to environmental conditions in competitive and ecological variety testing / M. I. Terletska et al. *Foothill and mountain agriculture and livestock*. 2021. Issue 69 (2). P. 123–136.
7. Basics of selection of field crops for resistance to harmful organisms: training. Manual / edited by V. V. Kirichenko, V. P. Petrenkova; NAAS, Institute of Plant Science named after V. Ya. Yuryeva, National Agrarian University named after V. V. Dokuchaeva. 2012, Kharkiv. 320 p.
8. Bilovus G. Ya. The influence of abiotic factors on the development of main diseases of winter wheat in the conditions of the Western Forest-Steppe. *Foothill and Mountain Agriculture and Livestock*. 2022. Issue 71 (2). P. 8–20.
9. Bilovus H. Ya. Evaluation of winter barley variety samples for resistance to foliar disease pathogens and productivity. *Herald of Agrarian Science*. 2022. No. 3 (828). P. 20–27.
10. Bilovus H. Fungal diseases of winter barley under conditions of the Western Forest-Steppe. Collective monograph. Chapter 4. Sustainable Development of the Agricultural Sector of Foothill Regions / ed. Oleh Stasiv. LAPLAMBERT Ac. Publ., 2020. P. 81–104.
11. Biological foundations of integrated action of herbicides and plant growth regulators / V. P. Karpenko et al. 2012. Uman : “Sochynsky”, 357 p.

12. Borzykh O. I., Fedorenko V. P. Modern problems of phytosanitary status of agrobiocenosis in Ukraine. *Protection and quarantine of plants*. 2016. Issue 62. P. 3–17.

13. Delcour I., Spanoghe P., Uyttendaele M. Literature review: Impact of climate change on pesticide use. *Food Research International*. 2015. V. 68. P. 7–15.

14. Demidov O. A., Gudzenko V. M., Khomenko L. O. Optimization of approaches to the assessment of frost resistance of breeding material of winter barley. *Myronivsky herald*. 2016. Issue 2. P. 56–68.

15. Demidov O. A., Gudzenko V. M., Vasylykivskyi S. P. The influence of meteorological conditions of the growing season on the yield of winter barley in the Forest Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2016. No. 4 (33). P. 39–44.

16. Demidov O. A., Vasylykivskyi S. P., Gudzenko V. M. The level of occurrence and the relationship between yield, plant height and lodging resistance of winter barley in the forest-steppe of Ukraine. *Herald of Agrarian Science*. 2016. No. 10. P. 30–34.

17. Effectiveness of biological and chemical fungicides in the control of fungal disease pathogens in winter barley crops under irrigated conditions / R. A. Vozhegova et al. *Bulletin of Agrarian Science*. 2021. No. 11. P. 67–74.

18. Effectiveness of complex treatments of winter barley crops against diseases / O. V. Chaika et al. *Bulletin of the Zhytomyr National Agroecological University*. 2015. No. 2 (1). P. 120–127.

19. Ecology of microorganisms / V. P. Patyka et al. 2007. Kyiv : Osnova. 188 p.

20. Evaluation of Winter Barley Cultivars for Resistance to Leaf Fungal Diseases and Yield in the Conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine / H. Bilovus et al. *Scientific Horizons*, 2022. 25 (1), P. 60–67.

21. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from. 2016. URL: [http:// www.fao.org/home/en](http://www.fao.org/home/en).

22. Gudzenko V. M. Assessment of breeding lines of winter barley in terms of productivity and adaptability in the conditions of the forest-steppe of Ukraine. *Breeding and seed production*. Issue 106. 2014. P. 13–23.

23. Gudzenko V. M., Vasylykivskyi S. P. Breeding of winter barley varieties adapted to modern conditions of the Forest Steppe of Ukraine. Coll. of science Proceedings of the Uman National Academy of Sciences. 2017. Issue 90. Part 1. P. 63–70.

24. Krutyakova V. I. Biomethods – the basis of sustainable development of domestic agriculture. *Bulletin of Agrarian Science*. 2020. No. 9 (810). P. 5–14.

25. Kryuchkova L., Dragovoz I., Avdeeva L. Biological protection of plants from diseases is a current problem of today. Intensive technologies of growing grain crops. *Special issue. Proposal*. 2014. P. 16–17.

26. Linchevskyi A. A. Barley – the source of a healthy lifestyle for modern people. *Herald of Agrarian Science*. 2017. No. 12. P. 14–21.

27. Linchevskyi A. A., Legkun I. B. New attitude to barley culture and selection in conditions of climate change. *Herald of Agrarian Science*. 2020. No. 9 (810). P. 34–42.

28. Markov I. L. Protection of winter barley from diseases. *Agribusiness Today*. 2019. No. 9. P. 7.

29. Markov I. L. System of integrated barley protection. *Agribusiness Today*. 2016. No. 1–2. P. 48–52.

30. Methodology and practice of using microbial preparations in technologies of growing agricultural crops / V. V. Volkogon et al. 2011. K. : Agrarna nauka, 156 p.

31. Methodology of testing and application of pesticides. Under the editorship S. O. Tribela. 2001, Kyiv. 448 p.

32. Monitoring of the phytopathogenic complex of grain crops of the northeastern forest-steppe of Ukraine / V. I. Tatorynova et al. *Bulletin of the Sumy National Agrarian University*. 2013. Issue 3 (25). P. 29–33.

33. Oxley S. Barley Disease Control. Edinburgh. 2010. P. 1–20.

34. Peculiarities of realizing the productivity potential of winter and spring barley varieties in the Northern Steppe of Ukraine / A. D. Hyrka et al. *Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2016. No. 10. P. 110–114.

35. Petrychenko V., Lykhochvor V. Crop production. New technologies for growing field crops. 5th species. 2020. Kyiv, 806 p.

36. Polyovy A. M., Bozhko L. Yu., Volvach O. V. Fundamentals of Agrometeorology. 2012. Odesa : Publishing House of the TES, 250 p.

37. Popp J., Károly P., Nagy J. Pesticide productivity and food security. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2013. V. 33. P. 243–255.

38. Priorities in the selection of barley (*Hordeum vulgare* L.) for modern conditions of grain production in Ukraine. Linchevsky A. A. et al. Collection of scientific works of the SGI-NCNS. 2017. Issue 30 (70). P. 23–39.

39. Productivity of certain agricultural crops using plant growth regulators / L. S. Eremko et al. *Bulletin of the Poltava Agrarian Academy*. 2009. No. 1. P. 43–45.

40. Recommendations for limiting the harmfulness of the main diseases of winter barley during climate change / H. Ya. Bilovus et al. Obroshyne : Publishing House of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the NAAS, 2023. 28 p.

41. Recommendations on the peculiarities of the technology of growing winter cereals for the harvest of 2022 (autumn complex of works) / O. Stasiv et al. 2021. Lviv-Obroshyne, 40 p.

42. Resistance of winter barley to fungal diseases depending on the variety / Halyna Bilovus et al. *Scientific papers series a. agronomy*. Volume LXVII, 2024. No. 1, P. 281–286.

43. Retman S. V. Spots of winter wheat. 2010. Kyiv : Kolobig, 232 p.

44. Rudnyk-Ivashchenko O. I. Peculiarities of growing winter crops under climate change. *Variety research and protection of plant variety rights*. 2012. No. 2. P. 8–10.

45. Sahar Abdou Zayan. Impact of Climate Change on Plant Diseases and IPM Strategies. 2019. 10 p.

46. Scientific and practical recommendations on the effectiveness of protective measures against harmful organisms on winter barley crops / H. Ya. Bilovus et al. Obroshyne : Publishing House of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS, 2023. 36 p.

47. Shevnikov D. M. The influence of mineral fertilizers and biological products on the quality of hard spring wheat grain. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 2013. No. 4. P. 153–157.

48. Smetanko O. V. The influence of agrotechnical methods of growing winter wheat and barley on disease damage, accumulation of nutrients and grain yield in the agrometeorological conditions of the Southern Steppe. Herald of agrarian science of the southern region. *Agricultural and biological sciences*. 2010. Issue 11. P. 84–90.

49. Statistical analysis of the results of field experiments in agriculture / V. O. Ushkarenko et al. 2013. Kherson : Ailant, 378 p.

50. Technological aspects of growing agricultural crops / A. Shuvar et al. Obroshyne : Publishing House of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the NAAS, 2023. 118 p.

51. Tekiela A. Occurrence of diseases and colonization of winter wheat grain by pathogenic fungi in organic farms in the Podlasie region. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 2008. V. 53. P. 120–122.

52. Tkalenko G. M. Biological products in plant protection. Modern agricultural technologies using biological products and growth regulators. *Special issue. Proposal*. 2015. P. 2–15.

53. Tkalenko G. M., Borzykh O. I., Ignat V. V. Current status of the use of biological plant protection products in agrocenoses of Ukraine. *Bulletin of Agricultural Science*. 2020. No. 12. P. 18–25.

54. The effectiveness of the complex use of drugs of different origin against fusarium root rot of winter wheat / N. V. Hrytsyuk et al. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 2019. No. 3. P. 57–64.

55. Vasylykivskyi S., Gudzenko V. Winter barley selection in steady grain production provision in the Central Forest-steppe of Ukraine. *Agrobiology*. 2017. No. 1. R. 25–33.

56. Vasylykivskyi V. Ya., Sabadin V. Ya. Resistance of spring barley plants to diseases depending on the genotype of the variety. *Myronivsky herald*. 2015. Issue 1. P. 156–169.

57. Vozhegova A. A., Kryvenko A. I. The influence of biological products on the productivity of winter wheat and the economic and energy efficiency of its cultivation technology in the conditions of the South of Ukraine. *Bulletin of the Agricultural Science of the Black Sea Region*. 2019. No. 1. P. 39–46.

58. Willer H., Yusefi-Menzler M., Sorensen N. The World of Organic Agriculture – Statistics and Emerging Trends. IFOAM, Bonn and FiBL, Frick. 2008. 272 p.

59. Zayets S. O., Rudik O. L. Effectiveness of elements of biologization of the protection system for winter wheat, winter barley and soybeans under irrigation conditions in Southern Ukraine. Scientific developments of Ukraine and EU in the area of natural sciences. Collective monograph. Riga : Izdevniecība «Baltija Publishing». 2020. V. 1. P. 203–222.

Частина 2

1. Автоматизація розрахунків балансу гумусу та поживних речовин в ґрунті / Н. Б. Пасько А. В. Толбатов, О. Б. В'юнєнко, Р. С. Ковальов, І. А. Шеховцова. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2017. № 4 (60). С. 109–118. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vott_2017_4_16 (дата звернення: 12.11.2024 р.).

2. Біловус Г. Я., Волощук О. П., Глива В. В. Роль строків сівби в обмеженні розвитку септоріозу. *Сільський господар*. 2012. № 5–6. С. 16–18.

3. Басанець О. Технологія вирощування озимої пшениці: етапи, нюанси та відмінності залежно від регіону. 2019. URL: <https://superagronom.com/articles/290-tehnologiya-viroschuvannya-ozimoyi-pshenitsi-etapi-nyuansi-ta-vidminnosti-zalejno-vid-regionu> (дата звернення: 12.11.2024 р.).

4. Биологические факторы влияния на производство семян пшеницы озимой в условиях Западной Лесостепи Украины / О. П. Волощук и др. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2020. № 1 (54). С. 7–15. DOI: <http://dx.doi.org/10.31677/2072-6724-2020-54-1-7-15>.

5. Волощук І. С., Глива В. В. Вплив строків сівби пшениці озимої на фракційний склад насіння. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2014. Вип. 56 (І). С. 15–21. [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=pgzt_2014_56\(1\)__5](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=pgzt_2014_56(1)__5).

6. Волощук О. П., Волощук І. С., Глива В. В. Вплив попередників на формування врожайних властивостей пшениці озимої в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2013. Вип. 55 (І). С. 19–25. URL http://nbuv.gov.ua/UJRN/pgzt_2013_55%281%29__6.

7. Волощук О., Волощук І., Глива В. Насіннева продуктивність та посівна якість сортів пшениці озимої залежно від строків сівби в умовах Західного Лісостепу України. *Корми і кормо виробництво*. 2014. Вип. 79. С. 82–88. <file:///C:/Users/Admin/Downloads/429-Article%20Text-680-1-10-20201217.pdf>.

8. Вплив сортових технологій вирощування пшениці м'якої озимої на рентабельність виробництва в Західному Лісостепу України / І. С. Волощук та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 70 (І). С. 76–89. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-1-6](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-1-6).

9. Господаренко Г. М. Система застосування добрив : навчальний посібник. Київ: ТОВ «СІК ГРУП Україна», 2015. С. 184–198.

10. Грюнвальд Н. В., Захарчук О. В., Мацибора Т. В. Перспективи розвитку насінневої галузі України. *Економіка АПК*. 2022. Т. 29, № 1 С. 18–25. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202201018>.

11. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 08.11.2024 р.).

12. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. URL: <https://sops.gov.ua/ua/derzavnij-reestr> (дата звернення: 14.02.2024 р.).

13. Ефективність застосування регуляторів росту і мікродобрив в процесі розмноження насіння сортів пшениці озимої та ячменю ярого / Ю. І. Буряк та ін. *Селекція і насінництво*. 2015. № 107. С. 145–154. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vcnzapv_2014_16_5 (дата звернення: 12.11.2024 р.).

14. Європейський зелений курс. Квітень 2021 р. URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spivrobitnictvo/klimat-uevropejska-zelena-ugoda> (дата звернення: 05.11.2024 р.).

15. Жемойда В. Л. Насіннєзнавство. *Енциклопедія сучасної України*; НАН України, НТШ. Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2020. URL <https://esu.com.ua/article-70527> (дата звернення: 11.11.2024 р.).

16. Загальний огляд відносин Україна-ЄС. URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/zagalnij-oglyad-vidnosin-ukrayina-yes> (дата звернення: 04.11.2024 р.).

17. Запісоцька М. С. Потенціал зернової продуктивності сортів пшениці озимої м'якої за різних норм внесення мінеральних добрив. *Актуальні проблеми агропромислового виробництва України* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (с. Оброшине, 12 листоп. 2020 р.). Львів-Оброшине, 2020. С. 34–35.

18. Запесоцкая М. С., Волощук И. С. Экологическое испытание сортов пшеницы озимой мягкой в условиях Западной Лесостепи Украины. *Topical issues of modern science, society and education* : the 4-th International scientific and practical conference (November 1–3, 2021). SPC “Sci-conf.com.ua”. Kharkov, Ukraine. 2021. Р. 43–47. URL: <https://sci-conf.com.ua/iv-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-topical-issues-of-modern-science-society-and-education-1-3-noyabrya-2021-goda-harkov-ukraina-arhiv/> (дата звернення: 12.11.2024 р.).

19. Зубковська В. В. Оцінка фосфатного стану ґрунту на основі показників фосфат-буферності. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2015. Вип. 83. С. 80–83. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrohimigrn_2015_83_14 (дата звернення: 12.11.2024 р.).

20. Кириченко В. В., Костромітін В. М., Корчинський В. А. Формування сортової структури зернових колосових культур за

агроекологічним принципом. *Вісник аграрної науки України*. 2002. № 4. С. 26–28.

21. Кіндрук М. О., Соколов В. М., Вишневський В. В. Насінництво з основами насіннізнавства / За ред. М. О. Кіндрука. Київ : Аграрна наука, 2012. 264 с.

22. Коломієць Л. А., Кириленко В. В., Маринка С. М. Формування показників адаптивності (урожайності, маси 1000 зерен та натури зерна) ліній пшениці озимої залежно від гідротермічних умов у зоні Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 102. С. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2012.59814>, URL <https://journals.uran.ua/pbsd/article/view/59814>.

23. Логінов І. В., Білера Н. М. Ефективність різних форм і способів внесення мікроелементів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2014. № 195, Ч. 1. С. 71–77.

24. Мазур О. В., Мазур О. В., Лозінський М. В. Селекція та насінництво польових культур : навчальний посібник. Вінниця : ТВОРИ, 2020. 348 с. URL : <http://repository.vsau.org/getfile.php/25422.pdf> (дата звернення: 11.11.2024 р.).

25. Макрушин М. М., Макрушина Є. М. Насінництво (методологія, теорія, практика) : підручник, видання друге, доповнене і перероблене. Сімферополь : ВД «Аріал», 2012. 536 с.

26. Насіннізнавство та методи визначення якості насіння сільськогосподарських культур: навчальний посібник / за ред. С. М. Каленської. Вінниця : ФОП Данилюк, 2011. 275 с. URL <https://dspace.pdau.edu.ua/items/e0ef124c-7405-48ac-942d-462671a7acf2/full> (дата звернення: 11.11.2024 р.).

27. Насінництво і насіннізнавство польових культур / за ред. М. М. Гаврилюка. Київ : Аграрна наука, 2007. 216 с.

28. Нетіс І. Т. Посухи та їх вплив на посіви озимої пшениці : монографія. Херсон : Айлант, 2008. С. 8–18.

29. Носко Б. С. Азотний режим ґрунтів і його трансформація в агроєкосистемах. Харків : КП «Міська друкарня», 2013. С. 75–80. URL: <https://arhive.issar.com.ua/uk/vydannya/azotnyy-rezhym-gruntiv-i-yogo-transformaciya-v-agroekosystemah> (дата звернення: 12.11.2024 р.).

30. Охорона прав на сорти рослин: Бюлетень / Український інститут експертизи сортів рослин. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2024.

Вип. 3. 76 с. https://sops.gov.ua/uploads/page/buleten/2024/B_3_2024.pdf (дата звернення: 11.11.2024 р.).

31. Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Мазур О. В. Насіннєзнавство: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт студентами галузі знань 0901 «Сільське господарство і лісівництво», напрям підготовки 6.090101 – “Агрономія” за освітньо-кваліфікаційним рівнем “Бакалавр” : Вінницький національний аграрний університет. Вінниця : ВНАУ, 2017. 124 с. URL: <http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/14497.pdf>.

32. Політичний діалог Відносини Україна-ЄС у сфері зовнішньої політики. URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/spivprasya-ukrayina-yes-u-sferi-zovnishnoyi-politiki-i-bezpeki> (дата звернення: 04.11.2024 р.).

33. Про затвердження Порядку сплати зборів за дії, пов'язані з охороною прав на об'єкти інтелектуальної власності: постанова Кабінету Міністрів України від 23.12.2004 р. № 1716. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npras/10382176> (дата звернення: 08.11.2024 р.).

34. Про насіння і садивний матеріал: Закон України № 411-IV від 26.12.2002. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/411-15#Текст> (дата звернення: 08.11.2024 р.).

35. Про охорону прав на сорти рослин: Закон України від 21.04.1993 р. No. 3116-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3116-12#Text> (дата звернення: 08.11.2024 р.).

36. Реєстр сертифікатів на насіння та/або садивний матеріал в Україні. Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reystyr-sertifikatyv-na-nasinnya-taabo-sadivnij-material> (дата звернення: 14.02.2024 р.).

37. Роль мікроелементів. Елементи живлення та їх роль в житті рослин. URL: <https://jiva-npk.com.ua/elements> (дата звернення: 12.11.2024 р.).

38. Світовий ринок насіння та інтеграція України в нього. Насінництво: теорія і практика прогнозування продуктивності сортів і гібридів за якістю насіння та садивного матеріалу / М. Каленська та ін. *Наукові праці Південного філіалу «Кримський агротехнологічний університет» Національного аграрного університету. Сільськогосподарські науки*. Сімферополь, 2009. Вип. 127. С. 30–34.

39. Сирій ринок насіння в Україні сягає 20 %. Серпень 2024 р.
URL: <https://superagronom.com/news/19357--siri-y-rinok-nasinnya-v-ukrayini-syagaye-20> (дата звернення: 05.11.2024 р.).

40. Спеціальна селекція і насінництво польових культур : навчальний посібник / Н. І. Рябчун та ін. ; за ред. В. В. Кириченка. Харків : ІР імені В. Я. Юр'єва НААН України, 2010. 462 с.

41. Спеціальна селекція польових культур: навчальний посібник / В. Д. Бугайов та ін. ; за ред. М. Я. Молоцького. Біла Церква, 2010. 368 с. URL: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u150/spec_selekcia.pdf (дата звернення: 11.11.2024 р.).

42. Технологія вирощування пшениці озимої на насіння в умовах Західного Лісостепу : методичні рекомендації / О. П. Волощук та ін. Оброшино : [Б. в.], 2013. 30 с.

43. Угода про асоціацію між Україною та ЄС. URL: <https://mfa.gov.ua/yevropejska-integraciya/ugoda-pro-asociaciyu-mizh-ukrayinoyu-ta-yes>. (дата звернення: 04.11.2024 р.).

44. Фатєєв А. І., Пащенко Я. В. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України. Національний науковий центр “Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського” ; за ред. А. І. Фатєєва і Я. В. Пащенко. Харків, 2003. 72 с.

45. Формування насіннєвої продуктивності та посівних якостей насіння сільськогосподарських культур в умовах Західного Лісостепу України / О. П. Волощук та ін. Львів : ЛІГА Львів, 2013. 323 с.

46. Čurná V., Lacko-Bartošová M. Chemical Composition and Nutritional Value of Emmer Wheat (*Triticum dicoccon* Schrank): a Review. *Journal of Central European Agriculture*. 2017. Issue 18 (1). P. 117–134. DOI: <http://dx.doi.org/10.5513/JCEA01/18.1.1871>.

47. Detection of perspective winter wheat genotypes by electrophoretic spectra of storage proteins / N. O. Kozub et al. *Миронівський вісник*. 2015. Вип. 1. С. 105–118. URL: <https://mv-mip.com.ua/images/2016/Vupusk1/13.pdf> (дата звернення: 11.11.2024 р.).

48. Formation of national varietal resources: status and prospects / S. O. Tkachyk et al. *Plant Varieties Studying and Protection*, 2024. 20 (3), 174–182. DOI: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.3.2024.311812>.

49. Formation of Seed Productivity and Sowing Qualities of Soft Winter Wheat Seeds Depending on the Levels of Mineral Nutrition of Plants in the Western Forest-Steppe of Ukraine / I. Voloshchuk et al. *Scientific*

Horizons, 2021, Vol. 24, No. 11. P. 38–44. DOI: [http://dx.doi.org/10.48077/scihor.24\(6\).2021.38-40](http://dx.doi.org/10.48077/scihor.24(6).2021.38-40).

50. Influence of climatic factors on *Triticum aestivum* L. grains formation in F₁ crossing varieties with 1AL.1RS and 1BL.1RS translocations / V. V. Kyrylenko et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11 (2). P. 99–105. DOI: https://doi.org/10.15421/2021_85.

51. Marton L. Crop demand of manganese. *Environ Geochem Health*. 2012. 34, Suppl. 1. P. 123–134. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10653-011-9405-3>.

52. On the approval of the Strategy for the development of agriculture and rural areas in Ukraine for the period up to 2030. 2024. URL: <https://www.cci.zp.ua/app/uploads/2024/03/strategia-agro2030-v10.docx> (дата звернення: 04.11.2024 р.)

53. Stępień A., Wojtkowiak K. The effect of foliar application of Cu, Zn and Mn on the yield and quality indicators of the grain of winter wheat (*Triticum aestivum*). *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2016. Issue 76 (2), P. 220–227. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392016000200012>.

54. Voloshchuk O. P., Zapisotska M. S. Influence of mineral fertilizers on grain productivity of soft winter wheat plants in Western Forest-Steppe of Ukraine. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 71 (1). С. 8–20. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2022-\(71\)-1-1](https://doi.org/10.32636/01308521.2022-(71)-1-1).

55. Weather Factors and Their Influence on the Adaptive Properties of Winter Wheat Varieties in the Western Forest-Steppe of Ukraine / M. Zapisotska et al. *Scientific Horizons*, 2021, Vol. 24, No. 6. P. 34–40. DOI: [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(6\).2021.34-40](https://doi.org/10.48077/scihor.24(6).2021.34-40).

Частина 3

1. Вовк В. М., Дрогомирецька З. Б. Основи системного аналізу. Львів. Львівський нац. ун-т ім. І. Франка, 2002. 248 с.

2. Впровадження Нітратної директиви в Україні. Новини. 17 липня 2020. URL: https://menr.gov.ua/news/35591.html?fbclid=IwAR1WcstOugFHeoyIRfk9o_Vi4z4weytSrjdqFswMIJ1TpbO8cbvG_YMzkto

3. Гайнріх Д, Гергт М. Екологія: dvt-Atlas: пер. з 4-го нім. вид. / наук. ред. В. В. Серебряков. Київ : Знання-Прес, 2001. 287 с.

4. Гнатів П. С. Біологічний баланс поживних речовин в сівоzmіні. Основні результати досліджень за 1976–1982 роки. Рівне : Облполіграфвидав, 1983. С. 6–12.

5. Гнатів П. С. Динаміка біотичної різноманітності та сучасні загрози довкіллю: Україна і світовий досвід. *Наукові праці ЛАНУ*. Львів : РВВ НЛТУ України, 2008. Вип. 6. С. 125–128.

6. Гнатів П. С. Динаміка ландшафтних екосистем та еволюція соціуму Південно-Західного Поділля упродовж голоцену. *Біоресурси і природокористування*. 2015. Том 7. № 34. С. 49–57.

7. Гнатів П. С. Природне й антропогенне середовища: їхня суть і значення, методологія наукового пізнання. *Зб. наук. праць IV Міжнар. наук. конф. “Фальцфейнівські читання”*. 24–26 травня 2007 р. Херсон : ПП Вишемирський, 2007. С. 68–71.

8. Гнатів П. С. Хірівський П. Р. Теорія систем і системний аналіз в екології. Львів : В-во Камула, 2010. 204 с.

9. Голубець М. А. Екосистемологія. Львів : Поллі, 2000. 316 с.

10. Голубець М. А., Гнатів П. С. Фундаментально про екологію, середовищезнавство, охорону природи, охорону довкілля та геосоціосистемологію. *Екологія та ноосферологія*. 2007. Т. 18. № 1–2. С. 7–15.

11. Господаренко Г. М. Удобрення сільськогосподарських культур. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2016. 276 с.

12. Дегодюк Е. Г., Дегодюк С. Е., Гуральчук С. З. Трансформація біосферних функцій педосфери у процесах кругообігу біогенних елементів в антропогенно порушених фітоценозах. Живлення рослин: теорія і практика. Київ: Логос, 2005. С. 14–43.

13. Згуровський М. З., Панкратова Н. Д. Основи системного аналізу. Київ : Вид. група ВНУ, 2007. 544 с.

14. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Мінеральні добрива та їх застосування. 2-ге вид., доп. і випр. Львів: Українські технології, 2012. 324 с.

15. Околітенко Н. І., Гродзинський Д. М. Основи системної біології. Київ : Либідь, 2005. 360 с.

16. Пащенко В. М. Екоеволюція від сталого розвитку. *Супутник Київ. географ. щорічника*. Вип. 5. Київ : КВ УГТ, 2005. 112 с.

17. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур. 5-те вид., виправ., доповн. Львів : Українські технології, 2020. 806 с.

18. Природні ресурси України / П. С. Гнатів та ін. Львів : Камула, 2012. 216 с.

19. Системи удобрення сільськогосподарських культур у землеробстві початку ХХІ століття : монографія / за ред. С. А. Балюка

і М. М. Мірошніченка. Київ : Альфа-стевія, 2016. 400 с.

20. A review of the recent scientific literature documenting the impact of 4R management on N₂O emissions relevant to a Canadian context. Prepared for Fertilizer Canada. Prepared by: David Burton. March, 2018. URL: <https://fertilizercanada.ca/wpcontent/uploads/2018/08/NERP-Science-Review-Paper-.pdf>.

21. A systemic approach for modeling soil functions / H.-J. Vogel et al. SOIL, 2018. 4, 83–92, doi.org/10.5194/soil-4-83-2018.

22. Changes in agrochemical soils indices of West of Ukraine under the impact of approval and aridization of the climate / V. Polovyy et al. *Soil Science Annual*. 2022. Vol. 73 (1). P. 146855. doi.org/10.37501/soilsa/146855.

23. Dynamics of forms of nutrient nitrogen in Greyic Luvic Phaeozem when regulating their resources with fertilizers and nitrapyrin when applied to winter barley / V. Shestak et al. *Journal of Elementology*. 2023. Vol. 28 (1). P. 41–58. DOI: 10.5601/jelem.2023.28.1.2352.

24. Effects of lime and fertiliser on productivity of Albic Retisols / V. Polovyy et al. *International Journal of Environmental Studies*. Published online. 2023 Published online: 13 Mar. 2023. doi.org/10.1080/00207233.2023.2179755.

25. Influence of climate dynamics and liming on physicochemical soil properties and crop- rotation productivity of North-Western Polissya in Ukraine / V. Polovyy et al. *Soil Science Annual*. 2022. Vol. 73 (1). P. 146856. doi.org/10.37501/soilsa/146856.

26. Jeffers J. N. R. An introduction to systems analysis : with ecological applications. London: E. Arnold, 1978. 187 p.

27. Meadows, D. H. Thinking in Systems. 2008. <https://research.fit.edu/media/site-specific/researchfitedu/coast-climate-adaptation-library/climate-communications/psychology-amp-behavior/Meadows-2008.-Thinking-in-Systems.pdf>.

28. Olsson L. From the “Modern Synthesis” to cybernetics: Ivan Ivanovich Schmalhausen (1884–1963) and his research program for a synthesis of evolutionary and developmental biology. *Journal of Experimental Zoology*. 2006. Vol. 153. P. 18. https://www.academia.edu/2431493/From_the_Modern_Synthesis_to_cybernetics_Ivan_Ivanovich_Schmalhausen.

29. Stoichiometry of arable black soil on the Ukrainian Western Forest Steppe / P. Hnativ et al. *International Journal of Environmental Studies*, 06 Mar. 2024. P. 1–14. doi.org/10.1080/00207233.2024.2314869.

30. The influence of climate changes on crop yields in Western Ukraine / V. Polovyy et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11 (1). P. 384–390, doi: 10.15421/2021_56.

31. The role of nutrients in the formation of yield and grain quality of winter wheat / V. Lykhochvor et al. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2022. Vol. 28, No 1. P. 103–109. <https://www.agrojournal.org/28/01-14.pdf>.

32. Threat of desertification of agricultural land in Ukraine through a negative balance of nutritional elements in growing of field cultures / V. Lykhochvor et al. *Journal of Elementology*. 2022. Vol. 27 (3). P. 695–707. DOI: 10.5601/jelem.2022.27.2.2290.

33. Von Bertalanffy L. General System Theory – A Critical Review. “General Systems”, Vol. VII. 1962. P. 1–20. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://macroevolution.narod.ru/bertalanfi.htm>.

34. Wiener N. Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine. Paris, (Hermann & Cie) & Camb. Mass. (MIT Press). 2nd revised ed. 1961. https://uberty.org/wp-content/uploads/2015/07/Norbert_Wiener_Cybernetics.pdf.

Частина 4

1. Бондарчук А. А. Перспективи розвитку картоплярства в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 4. С. 21–23.

2. Бугаєва І. П., Сніговий В. С. Культура картоплі на півдні України. 2002. 76 с.

3. Бурлакова І. Є. Вплив мінеральних добрив у різних дозах на врожай і якість картоплі. *Картоплярство*. 1976. Вип. 7. С. 71–75.

4. Вишневська О. В. Продуктивність картоплі та родючість легкого дерново-підзолистого ґрунту при застосуванні різних рівнів удобрення. *Картоплярство*. Вип 40, 2011. С. 184–192. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/karto_2011_40_21. (дата звернення: 20.07.2024).

5. Власенко М. Ю. Удобрення картоплі. Картопля – другий хліб. 1996. Вип. 2. С. 110–120.

6. Власенко М. Ю., Києнко З. Б., Петренко С. Д. Шляхи підвищення ефективності невисоких норм мінеральних добрив. *Картоплярство України*. 2007. № 3/4 (8/9). С. 38–45.

7. Ворона Л. І., Коник Г. М., Ткачук В. П. Енергетична оцінка застосування різних способів обробітку дерново-

середньопідзолистого ґрунту та систем удобрення під картоплю. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2008. № 1. С 16–18.

8. Ворона Л. І., Ткачук В. П., Журавльова С. В. Енергетична оцінка вирощування картоплі на Поліссі. Матеріали наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів «Розробка та впровадження енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур». Чабани, 25–27 листопада 2009 р. Київ. 2009. С. 65–66.

9. Головка Г. М., Маслак О. М. Підвищення ефективності використання земель сільськогосподарського призначення. *Вісник Сумського національного аграрного ун-ту. Сер. «Економіка і менеджмент»*. 2012. Вип. 3 (51). С. 33–35.

10. Господаренко Г. М. Симбіотична азотифікація та врожай / за заг. ред. Г. М. Господаренко. 2018. 189 с.

11. Господаренко Г. М. Удобрення садових культур. 2017. 337 с.

12. Ільчук Р. В. Вплив позакореневого підживлення моно- і мікродобривами та стимулятором росту на врожайність картоплі. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2013. № 55 (1). С. 51–59.

13. Ільчук Р. В. Кореляційна залежність між продуктивністю і крохмалистістю бульб у потомства картоплі різного походження. Матер. міжнарод. наук. конф.: «Наукове забезпечення інноваційного розвитку аграрного виробництва у Карпатському регіоні». (Чернівці, 7–9 черв. 2007 р.). С. 108–117.

14. Картопля – другий хліб. *Науково – популярний альманах для селян у трьох випусках*. 1995. Вип. 2. 143 с.

15. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. 2002. 800 с.

16. Макачук І. Н. Влияние разных доз и форм азотных и фосфорных удобрений на урожай и качество картофеля в условиях орошения на юге Украины : автореф. дис. кан. с.-х. наук. : спец. 06.00.09 «Рослинництво». Херсон. 1991. 23 с.

17. Мірошніченко М. М. Добрива: довідник / за ред. М. М. Мірошніченко. 2011. 140 с.

18. Мацера А. В., Поліщук І. С. Вплив позакорневих підживлень та добрив на формування врожаю бульб сортів картоплі в умовах Лісостепу Правобережного. *Земля України – потенціал продовольчої, енергетичної та екологічної безпеки держави*. 2014. Т. 2. С. 75–78.

19. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і Західного регіону України / за ред. М. В. Зубець та ін. 2004. 108 с.

20. Промислова технологія виробництва картоплі в Україні / О. А. Демидів та ін. 2010. 21 с.

21. Теслюк П. С. Вимоги картоплі до умов вирощування. Картопля – другий хліб. 2020. Т. 1. С. 74–81.

22. Токмакова Л. М. Мікробіологічні засоби поліпшення фосфорного живлення рослин та підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. *Посібник українського хлібороба*. 2008. С. 120–122.

23. Ревунова Л. Г. Вплив різних видів добрив у поєднанні з регуляторами росту на продуктивність нових сортів картоплі в умовах Полісся України. Всеукр. наук.-практ. конф. присвяч. 125-річчю від дня народження академ. В. Я. Юр'єва : *Сучасний стан та перспективи розвитку насінництва в Україні*. Харків, 19–20 жовтня 2004 р. 2004. С. 74–75.

24. Ревунова Л. Г. Продуктивність нових сортів картоплі в умовах Полісся України залежно від комплексного застосування різних видів добрив. Наук. практ. конф. мол. вчен. і спец. “*Агропромислове виробництво України – стан та перспективи розвитку*”. Кіровоград, 7–9 черв. 2006 р. 2006. Вип 3. С. 36–39.

25. Руденко Г. С. Вміст азотистих речовин у бульбах картоплі залежно від удобрення та біологічних особливостей сортів. *Картоплярство*. 1999. Вип. 29. С. 105–114.

26. Спосіб підвищення ефективності дії регуляторів росту при застосуванні на картоплі: пат. України на винахід. № 28492 МПК А01С 21/00 / В. С. Куценко та ін. Заяв. 10.08.2007. Опубл. 10.12.2007. Бюл. № 20. 3 с.

27. Старовойтов В. И., Павлова О. А. Возможности и перспективы органического земледелия в картофелеводства. *Картоплярство*. 2008. Вип. 37. С. 14–26.

28. Фатєєв А. І. Оптимізація мікроелементного живлення сільськогосподарських культур: рекомендації. 2012. 12 с.

29. Gao X., Parsonage S., Tenuta M. Nitrogen Fertilizer Management Practices to Reduce N₂O Emissions from Irrigated Processing Potato in Manitoba. *American Journal of Potato Research*. 2017. Vol. 94(4). P. 390–402.

30. Panigrahi B., Panda S., Raghuwanshi N. Potato water use and yield under furrow irrigation. *Irrigation Science*. 2001. Vol. 20 (4). P. 155–163. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007/s002710100042>.

31. Potato special – a fertilizer that improves not returns. *American vegetable grower*. 1983 Vol. 31. P. 10–12.
32. Radwan E. A., El-Shall Z. S. A. Effect of potassium fertilization and humic acid application on plant growth and productivity of potato plants under clay soil. *J. Plant Production*. 2018. Vol. 2 (7). P. 877–890.
33. Relationships between yield and mineral concentrations in potato tubers / P. J. White et al. *Hort Science*. 2009. T. 44. Vol. 1. P. 6–11.
34. Scholberg Johannes M., Zotarelli L., Dukes M. Enhancing Fertilizer Efficiency in High Input Cropping Systems in Florida. *Sustainable Agriculture Reviews*. 2013. Vol. 2. P. 143–174.
35. URL: <https://kurkul.com/news/28600-ekspert-poyasniv-v-chomu-prichina-nizkoyi-serednoyi-vrojajnosti-kartopli-v-ukrayini> (дата звернення : 15.04.2024).
36. URL: <https://ipmpotato.com.ua/uk/kartopleznavstvo/581-pravilnij-vibir-kulturi-poperednika-etapi-rozvitku-kartopli.html> (дата звернення : 20.09.2024).
37. URL: <https://u.sadfaninfo.com/ovochi/kartoplja/871-fazi-rozvitku-kartopli.html> (дата звернення: 23.12.2023).
38. URL: <https://u.sadfaninfo.com/ovochi/kartoplja/871-fazi-rozvitku-kartopli.html> (дата звернення : 23.12.2024).
39. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ros/wpcontent/uploads/sites/20/lekcija-19.biolohija-i-tehnolohija-vyroshchuvannja-kartopli.pdf> (дата звернення: 20.04.2024).
40. White P. J. Relationships between yield and mineral concentrations in potato tubers. P. J. White et al. *Hort Science*. 2009. T. 44. Vol. 1. P. 6–11.

Частина 5

1. Габриєль А. Й., Оліфір Ю. М. Тривалий стаціонарний дослід Інституту сільського господарства Карпатського регіону в контексті його 50-річного функціонування. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Вип. 58 (І). С. 30–40.
2. Габриєль А. Й., Снітинський В. В., Тимошук І. В. Формування гумусного стану ясно-сірого лісового ґрунту під впливом тривалого використання добрив і вапна. *Науковий вісник Львівської національної академії ветеринарної медицини імені С. З. Гжицького*. 2006. Том 8. № 2 (29). Ч. 4. С. 25–30.
3. Городній М. М. Агрохімічний аналіз. 2-ге видання. К. : Арістей, 2005. 476 с.

4. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В. Трансформація кислотно-основних властивостей ґрунту за тривалого застосування добрив у польовій сівоzmіні. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2014. № 1. С. 8–12.

5. Кирильчук А. А., Бонішко О. С. Хімія ґрунтів: основи теорії і практикум: навч. посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 354 с.

6. Мазур Г. А., Кондратюк І. М., Ткаченко М. А. Баланс кальцію у сірому лісовому ґрунті за різних систем удобрення та хімічної меліорації. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 4. С. 19–22.

7. Назаренко І. І., Беспалько Р. І., Станкевич І. І. Форми та сполуки алюмінію в бурувато-підзолистих оглеєних ґрунтах Передкарпаття різного використання. *Науковий вісник Чернівецького університету: Біологія*. 1998. Вип. 38. С. 83–94.

8. Підвальна Г. С., Позняк С. П. Гумусовий стан автоморфних ґрунтів Пасмового Побужжя. Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. 192 с.

9. Підвищення родючості кислих ґрунтів / З. М. Томашівський та ін. Монографія. 2-ге вид., допов. Львів : СПОЛОМ, 2021. 220 с.

10. Польовий В. М., Лукащук Л. Я., Лук'яник М. М. Вплив кліматичних коливань на розвиток рослинництва в умовах Західного регіону. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 9. С. 29–34. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201909-04>.

11. Смірнов О. Є., Таран Н. Ю. Фітотоксичні ефекти алюмінію та механізми алюмореzистентності вищих рослин. *Фізіологія рослин і генетика*. 2013. Т. 45. № 4. С. 281–289.

12. Стаціонарні польові досліді України. Реєстр атестатів / за ред. А. С. Заришняка, С. А. Балюка, М. В. Лісового. К. : Аграрна наука, 2014. 146 с.

13. Ткаченко М. А. Меліоративна ефективність застосування комплексної хімічної меліорації на сірих лісових ґрунтах Правобережного Лісостепу. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН*. 2013. Вип. 17. Т. 11. С. 102–105.

14. Ткаченко М. А. Борис Н. Є. Оптимізація живлення сільськогосподарських культур за фізико-хімічної деградації кислих ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2021. Том 99. № 1. С. 15–22. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202101-02>.

15. Ткаченко М. А., Кондратюк І. М., Борис Н. Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2019. 318 с.
16. Трускавецький Р. С. Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції. Харків : Нове слово, 2003. 225 с.
17. Трускавецький Р. С., Цапко Ю. Л. Основи управління родючістю ґрунтів. Харків : ФОП Бровін О. В., 2016. 388 с.
18. Цапко Ю. Л. Вплив алюмінію на кислотно-основну рівновагу ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 10. С. 12–15.
19. Цапко Ю. Л., Десятник К. О., Огородня А. І. Збалансоване використання та меліорація кислих ґрунтів. Харків : Бровін О. В., 2018. 251 с.
20. Цапко Ю. Л., Десятник К. О., Огородня А. І. Меліорація кислих ґрунтів – сучасні погляди і шляхи розвитку. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2018. № 87. С. 11–15. <https://doi.org/10.31073/acss87-02>.
21. Чешко Н. Ф. Застосування термодинамічного підходу до оцінки рухомості алюмінію в ґрунтах. *Вісник ХНАУ : Ґрунтознавство*. 2013. № 1. С. 39–44.
22. Almaliev M. Research the variation of exchange calcium along the depth of the soil profile after the application of ameliorants. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2022. (LXV) 1. P. 25–29.
23. Aluminum, a Friend or Foe of Higher Plants in Acid Soils / E. Bojorquez-Quintal et al. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. 1767.
24. Aluminum. In: Barker AV and Pilbeam D.J. (eds). *Handbook of plant nutrition*, 2nd ed. CRC / F.P.C. Blamey et al. 2015. Press, Boca Raton, F.L. 567–605.
25. Aluminum mobilization as influenced by soil organic matter during soil and mineral acidification: a constant ph study / K.-wei. Li et al. *Geoderma*. 2022. 418. 115853. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115853>.
26. Berggren D., Mulder J. The role of organic matter in controlling aluminium solubility in acidic mineral soils horizons. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1995. 59. 4167–4180.
27. Changes in soil pH, organic carbon, and extractable aluminium from crop rotation and tillage / C. B. Godsey et al. *Soil Science Society of America Journal*. 71. 2007. P. 1038–1044. <https://doi.org/10.2136/sssaj2006.0170>.
28. Diagnosis of the functional state of transformed acid soils agroecosystems depending on long-term anthropogenic loads / Y. Olifir et

al. *Agronomy Research*. 2021. 19 (3). P. 1627–1639. <https://doi.org/10.15159/AR.21.109>.

29. Distribution and phytotoxicity of soil labile aluminum fractions and aluminum species in soil water extracts and their effects on tall fescue / F.M. Chen et al. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2018. 163. P. 180–187. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.07.075>.

30. Effect of aluminium on redox-homeostasis of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) / O. E. Smirnov et al. *Biosystems Diversity*. 2020. 28 (4). P. 426–432. doi:10.15421/012055.

31. FAO and ITPS. Status of the world's soil resources (SWSR) – Main report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. Rome, Italy. 2015. <https://www.fao.org/3/i5199e/i5199e.pdf>.

32. Foy C. D. Tolerance of durum wheat lines to an acid, aluminum-toxic subsoil. *Journal of Plant Nutrition*. 1996. 19. 10–11. 1381–1394, <https://doi.org/10.1080/01904169609365206>.

33. Frantzios G., Galatis B., Apostolakos, P. Aluminum effects on microtubule organization in divi ding root tip cells of *Triticum turgidum*. *New Phytol*. 2000. 145. P. 211–224.

34. Ghimire R., Machado S., Bista P. Soil pH, Soil Organic Matter and Crop Yields in Winter Wheat–Summer Fallow Systems. *Agronomy Journal*. 2017. 109 (2). 706–717. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.08.0462>.

35. Gillespie C. J., Antonangelo J. A., Zhang H. The response of soil pH and exchangeable Al to alum and lime amendments. *Agriculture*. 2021. 11 (6). P. 547. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060547>.

36. Hue N. V. Alleviating soil acidity with crop residues. *Soil Sci*. 2011. 176. P. 543–549. URL: https://www.ctahr.hawaii.edu/huen/Hue_SS_2011.pdf.

37. Hue, N. V. Soil Acidity: Development, Impacts, and Management. In: Giri, B., Kapoor, R., Wu, QS., Varma, A. (eds.) *Structure and Functions of Pedosphere*. Springer, Singapore. 2022. 103–131. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8770-9_5.

38. Impact of long-term fertilization in no-till on the stratification of soil acidity and related parameters / J. L. B. Souza et al. *Soil and Tillage Research*. 2023. 228. 105624. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105624>.

39. Impact of long term integrated nutrient management (INM) practice on aluminium dynamics and nutritional quality of rice under acidic Inceptisol / A. Patra et al. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2020. 68(1). P. 31–43. <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1821372>.

40. Impact of soil acidity influenced by long-term integrated use of enriched compost, biofertilizers, and fertilizer on soil microbial activity and biomass in rice under acidic soil / A. Patra et al. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2021. 21. P. 756–767. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00398-5>.

41. Influence of climate dynamics and liming on physicochemical soil properties and crop-rotation productivity of North-Western Polissya in Ukraine / V. Polovyy et al. *Soil Science Annual*. 2022. 73 (1). 146856. DOI: <https://doi.org/10.37501/soilsa/146856>.

42. IUSS Working Group WRB, 2022. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria. Available: https://www3.ls.tum.de/fileadmin/w00bds/boku/downloads/wrb/WRB_fourth_edition_2022-12-18.pdf.

41. Kisnierienė V. Lapeikaitė I. When chemistry meets biology: the case of aluminium – a review. 2015. *Chemija* 26, 148–158.

42. Lime effects on soil acidity, crop yield, and aluminum chemistry in direct seeded cropping systems / T. T. Brown et al. *Soil Science Society of America Journal*. 2008. 72. P. 634–640. <https://doi.org/10.2136/sssaj2007.0061>.

43. Loide V. Relieving the calcium deficiency of field soils by means of liming. *Agronomy Research*. 2010. 8. P. 415–420.

44. Nine-year impact of grazing management on soil acidity and aluminum speciation and fractionation in a long-term no-till integrated crop-livestock system in the subtropics / A. P. Martins et al. *Geoderma*. 2020. P. 359. 113986. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113986>.

45. Nogueirol R. C., Monteiro F. A., Azevedo R. A. Tropical soils cultivated with tomato: fractionation and speciation of Al. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2015. 187. P. 160. DOI: 10.1007/s10661-015-4366-0.

46. Possible method of aluminium speciation in forest soils / O. Drabek et al. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2003. V. 97(1). P. 8–15. [https://doi.org/10.1016/S0162-0134\(03\)00259-9](https://doi.org/10.1016/S0162-0134(03)00259-9).

47. Significant Acidification in Major Chinese Croplands / J. H. Guo et al. *Science*. 2010. 327 (5968). P. 1008–1010. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1182570>.

48. Soil acidification from long-term use of nitrogen fertilizers on winter wheat / J. L. Schroder et al. *Soil Science Society of America Journal*. 2011. 75. P. 957–964. doi: <https://doi.org/10.2136/sssaj2010.0187>.

49. Szara E., Sosulski T., Szymańska M. Impact of long-term liming on sandy soil phosphorus sorption properties. *Soil Science Annual*. 2019. 70 (1). 13–20. <https://doi.org/10.2478/ssa-2019-0002>.

50. Threat of degradation of agricultural land in Ukraine through a negative balance of nutritional elements in growing of field cultures / V. Lykhochvor et al. *Journal of Elementology*. 2022. 27 (3). P. 695–707. DOI: 10.5601/jelem.2022.27.2.2290 <http://jsite.uwm.edu.pl/articles/view/2290/>.

51. Variations in aluminum fractions within soils associated with different tea (*Camellia sinensis* L.) varieties: Insights at the aggregate scale / J. Yang et al. *Plant Soil*. 2022. 480. P. 121–133. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05563-6>.

52. Weil R. R., Brady N. C. The nature and properties of soils. 15th (global) ed. Pearson Education, London. 2017. 20. URL: [file:///C:/Users/Admin/Downloads/FrontCoverTableofContentsforWeilBrady15e2016%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Admin/Downloads/FrontCoverTableofContentsforWeilBrady15e2016%20(1).pdf).

Частина 6

1. Архипенко Ф. М. Видовий склад та продуктивність травосумішок залежно від інтенсивності використання і удобрення в Північному Лісостепу. *Вісн. Полтав. держ. с.-г. ін-ту*. 2000. № 4. С. 7–11.

2. Бабич А. О. Кормові і білкові ресурси світу. К. : Аграрна наука, 1995. 298 с.

3. Бабич А. О. Світові земельні, продовольчі і кормові ресурси. К. : Аграрная наука, 1996. 556 с.

4. Бабич А. О., Макаренко П. С., Михайлов К. С. Створення кормових угідь на схилі землях. Київ : Урожай, 1991. 200 с.

5. Білявський Ю. А. Агроекологічна ефективність добрив та способів основного обробітку сірих опідзолених ґрунтів в умовах Полісся. Київ : Урожай, 2002. 149 с.

6. Боговин А. В. Структурно-функціональна організація лугових екосистем і їх роль в підвищенні устойчивості агроландшафтів. *Екологія та ноосферологія*. 1996. Т. 2, № 3/4. С. 113–121.

7. Боговин А. В., Кургак В. Г. Азот – фундамент урожая. *Кормопроизводство*. 1984. № 2. С. 4–5.
8. Боговин А. В. , Кургак В. Г. Біологічна роль бобових трав у підвищенні продуктивності лучних екосистем та нагромадження ними симбіотичного азоту. *Землеробство*. 1994. Вип. 69. С. 7–14.
9. Боговин А. В. Сумішки багаторічних лучних трав та основні напрямки їх вивчення. *Землеробство*. 1974. Вип. 38. С. 61–68.
10. Боговин А. В. Характеристика природних кормових угідь України. Київ : Урожай, 1990. С. 4–45.
11. Боговин А. В., Кургак В. Г. Продуктивність травосумішок залежно від сортового складу багаторічних злакових трав. *Землеробство*. 1970. Вип. 9. С. 71–81.
12. Боговин А. В., Слюсар І. Т., Царенко М. Л. Трав'янисті біогеоценози, їхнє поліпшення та раціональне використання. Київ : Аграрна наука, 2005. 360 с.
13. Вудмаска В. Ю., Дичко С. М. Годівля худоби на промислових комплексах Київ : Урожай, 1974. 136 с.
14. Дзюбайло А. Г. Біоенергетична оцінка вирощування багаторічних трав у кормових сівозмінах Передкарпаття. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 1999. Вип. 40/41. С. 90–94.
15. Динаміка ботанічного складу травостою сіяної сіножаті залежно від його складу та рівня мінерального удобрення в умовах Правобережного Лісостепу України / О. М. Козяр та ін. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 54. С. 54–60.
16. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві : навч. посіб. / В. О. Ушкаренко та ін. Херсон : Айлант, 2008. 272 с.
17. ДСТУ 4674–2006. Сіно. Технічні умови. Чинний від 2007-10-01. Київ : Держпоживстандарт України, 2005.
18. ДСТУ 8044:2015. Угіддя природні кормові. Методи визначення продуктивності. Чинний від 2017-01-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. 15 с.
19. ДСТУ 8066:2015. Корми для сільськогосподарських тварин. Методи визначення енергоємності і поживності. Чинний від 2017-01-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 11 с.
20. Екологічно чиста і енергозберігаюча технологія вирощування і використання якісних кормів / В. П. Патики та ін. *Наук.-техн. бюл. УААН, Ін-т тваринництва*. 2000. № 7. С. 80–82.

21. Економіка виробництва молока і молочної продукції в Україні / за ред. П. Т. Саблука і В. І. Бойка. Київ : ННЦ ІАЕ, 2005. 340 с.

22. Зеленчук Т. К., Гелемей С. О. Еколого-біологічні властивості насіння лучних рослин. Львів : Вища школа, 1983. 176 с.

23. Зміна ботанічного та видового складу травостою під впливом удобрення і стимуляторів росту / Я. І. Мащак та ін. *Перегірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2008. Вип. 50, ч. II. С. 85–90.

24. Зміна ботанічного та видового складу різновікових лучних травостоїв під впливом мінеральних добрив і режимів використання / М. Т. Ярмолюк та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2011. Вип. 53, Ч. 1. С. 101–107.

25. Іршак Р. К. Підвищення продуктивності злаково-бобових травосумішок на еродованих землях, трансформованих із ріллі, в Лісостепу західному : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : 06.01.12. Вінниця, 2009. 23 с.

26. Клиценко Г. Т. Минеральное питание сельскохозяйственных животных. Киев : Урожай, 1980. 168 с.

27. Ковтун К. П. Дєдов О. В., Романюк С. П. Хімічний склад і поживність зеленці маси залежно від фази росту і розвитку. *Корми і кормовиробництво*. 1998. № 41. С. 41–45.

28. Кулик М. Ф., Пономаренко М. М., Дудко М. Ф. Енерговіддача кормів різних технологій виробництва. Київ : Урожай, 1991. 208 с.

29. Кургак В. Г. Способи підвищення ефективності використання багаторічних бобових трав у луківництві. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип. 58. С. 20–28.

30. Кургак В. Г., Тітова В. М. Вплив багаторічних бобових трав на якість корму сіяних лук та родючість ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2000. Спеціальний випуск, травень. С. 54–58.

31. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів, 2002. 800 с.

32. Луківництво в теорії і практиці / Я. І. Мащак та ін. Львів : СПОЛОМ, 2005. 295 с.

33. Макаренко П. С. Лучне кормовиробництво. Довідник з кормовиробництва. Київ : Урожай, 1984. С. 125–195.

34. Макаренко П. С., Деркач В. С. Роль верхових і низових злакових трав при створенні сіяних травостоїв пасовищного і укісного використання. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 64. С. 61–65.

35. Макаренко П. С., Кулик М. П. Продуктивність багаторічних укісних бобово-злакових і злакових травостоїв залежно від фонів

добрив та джерел азотного живлення. *Корми і кормовиробництво*. 2002. Вип. 48. С. 50–54.

36. Мащак Я. І. Перспективи використання біологічного і мінерального азоту в інтенсивному луківництві західного регіону України. *Перегірне та гірське землеробство і тваринництво*. 1999. Вип. 41. С. 100–102.

37. Мащак Я. І., Іршак Р. К. Вплив удобрення та регуляторів росту на продуктивність злаково-бобового травостою. *Вісник Львівського державного аграрного університету. Агрономія*. 2006. № 10. С. 186–189.

38. Мойсієнко В. В. Ефективність створення та використання сіяних травостоїв багаторічних трав в умовах Полісся України. *Вісн. ДАУ*. 2004. № 1. С. 51–60.

39. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України / М. В. Зубець та ін. Київ : Логос, 2004. 776 с.

40. Огієнко Н. І. Біохімічний склад багаторічних травостоїв залежно від співвідношення злакових і бобових компонентів. *Зб. наук. пр. ННЦ “Ін-т землеробства УААН”*. 2006. Вип ½. С. 131–134.

41. Панас Р. М. Ґрунтознавство. Львів : Новий світ, 2005. 372 с.

42. Сайко В. Ф. Наукові основи землеробства у зв’язку зі світовою кризою. *Посібник українського хлібороба*. 2010. С. 64–68.

43. Сайко В. Ф. Наукові підходи щодо раціонального землекористування в умовах здійснення аграрної реформи. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 5. С. 5–10.

44. Сайко В. Ф. Стан земельних угідь та поліпшення їх використання. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 2005. Спецвипуск. С. 3–11.

45. Сазик М. І. Якість корму травосумішок залежно від режиму скошування, удобрення та тривалості лучного періоду в сівозміні. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 2000. № 3–4. С. 30–36.

46. Соляник О. П. Продуктивність бобово-злакових травосумішок залежно від режимів їх використання на низинних луках Полісся України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук 06.01.12. Київ. 2000. 20 с.

47. Тараріко О. Г. Біологізація та екологізація ґрунтозахисного землеробства. *Вісник аграрної науки*. 1999. № 10. С. 5–9.

48. Теорія і практика луківництва / Я. І. Мащак та ін. Дрогобич : Коло, 2011. 374 с.

49. Федько О. В. Обґрунтування виведення еродованих земель із ріллі на консервацію. *Вісник аграрної науки*, 2001. № 1. С. 80–81.

50. Хомык Н. В. Влияние способов обработки дернины, посева трав и удобрений на продуктивность пойменных лугов в условиях Предкарпатья : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. с.-х. наук : 06.538. Львов, 1970. 20 с.

51. Хрестецький К. І. Шляхи підвищення ефективності добрив на гірських луках Карпат. *Землеробство*. 1969. Вип. 19. С. 40–44.

52. Хрестецький К. І. Лядвенець рогатий в горах. Ужгород : Карпати, 1968. 49 с.

53. Ющак В. С. Влияние сроков скашивания на урожай и кормовые достоинства злаковых трав при многоукосном использовании в горах. *Корма и кормопроизводство*. Вып. 30. С. 34–38.

54. Ющак В. С. Ефективність удобрення і використання бобово-злакових травосумішок на схилах гір. *Корми і кормовиробництво*. Київ : Урожай. 1982. Вип. 13. С. 56–62.

55. Ющак В. С., Ковтун І. П. Технологія створення сіяних багаторічних сінокосів на еродованих схилах в горах. Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. «Селекція, насінництво і технології вирощування польових культур». Чернівці : Буковина, 1996. С. 134–135.

56. Ярмолюк М. Т., Зінчук М. П., Польовий В. М. Культурні пасовища в системі кормовиробництва. Рівне : Волинські обереги, 2003. 292 с.

57. Assessing simplewheat and pea models using data from a fonol – term tillage experiment / W. A. Payne et al. *Agro J*. 2001. Vol. 93. No. 1. P. 250–260.

58. Brnet P., Mett N. Verhafren sur umbruch losen Grunland verbesserung Landw. Z. Heiland. 1986. J. g. 153. No. 36. P. 2280–2283.

59. Characterisation of protein and fibre in pulp after biorefining of red clover and perennial ryegrass The multiple roles of grassland in the European bioeconomy / V. K. Damborg et al. Proceedings of the 26th General Meeting of the European Grassland Federation. Trondheim, Norway. 2016. P. 366–371.

60. Effect of the cultivation of legumes on the dynamics of sod-podzolic soil fertility rate / U. M. Karbivska et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. 9 (3). P. 8–12. Doi: 10.15421 / 2019_702. WoS.

61. Fleming G. A., Coutler B. S. Mineral elements in pasture plants. Proc. Ins. Reg. Conf. int. Potash. Inst. Wexford (Ireland). 1963. P. 63–70.

62. Ftatch clover: optimal selection of clover species / D. B. Hannaway et al. Sustainable meat and milk production from grasslands ; Proceedings of the 27th General Meeting of the European Grassland Federation. Cork, Ireland. 2018. P. 218–220.

63. Haggard R., Koch D. Slot Seeding in investigations, 3. The productivity of slot – Seeded red with grass swards receiving nitrogen. *Gross. Forage Sc.* 1983. V. 38. No. 1. P. 45–53.

64. Hart F., Orskov E. Effect of type of carbohydrate on the production of microbial nitrogen in the rumen. *Proceedings of the Nutrition Society.* 1980. Vol. 38. P. 130.

65. Hayes M. J., Williams E. D. Some effects of Fluid – Sowing. PRE – Germination irrigation and soil. Covering on the establishment and growth of seedlings of white clover slot – seed. *Gross. Forage Sc.* 1986. V. 41. No. 2. P. 15–157.

66. Influence of Agrotechnical Measures on the Quality of Feed of Legume-Grass Mixtures / U. M. Karbivska et al. *Ukrainian Journal of Ecology.* 2019. 9 (4). P. 547–551. DOI: 10.15421 / 2019_788. WoS.

67. Jates A. Reduce your nitrogen bill. *Big Farm management.* 1983. September. P. 19–20.

68. Lardner H. A. The effect of rejuvenation of aspen parkland ecoregion grass-legume pastures on botanical composition. *Canadian journal plant Sci.* 2001. V. 81. P. 673–683.

69. Peyraud J. L. and Peeters A. The role of grassland based production system in the protein security / The multiple roles of grassland in the European bioeconomy ; Proceedings of the 26th General Meeting of the European Grassland Federation. Trondheim, Norway. 2016. P. 29–43.

70. Woltok K. Producing grass for Summer milk. *J. Brit. Grassland Soc.* 1972. No. 27. P. 3–98

Частина 7

1. Вплив погодних умов на тривалість окремих періодів вегетації та врожайність пшениці м'якої озимої у Лісостепу й Поліссі / Б. В. Близнюк та ін. *Миронівський вісник.* 2019. Вип. 8. С. 73–90.

2. Грицевич Ю. С. Особливості погодних умов передпосівного і осіннього періоду та врожайність озимої пшениці. *Перспективні напрямки розвитку галузей АПК і підвищення ефективності наукового забезпечення агропромислового виробництва* : Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених (м. Тернопіль, 15–16 верес. 2010 р.). Тернопіль, 2010. С. 33–35.

3. Грицевич Ю. С., Семець Н. П. Погодні умови зими, весняного періоду вегетації та ефективність пізніх строків сівби пшениці озимої. *Роль науки у підвищенні технологічного рівня і ефективності АПК України* : Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. (м. Тернопіль, 15–16 трав. 2014 р.). Тернопіль, 2014. Частина 1. С. 65–67.

4. Оцінювання сортів і ліній пшениці озимої за стабільною врожайністю та адаптивністю в умовах зміни клімату Лісостепу / М. І. Штакал та ін. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 3 (828). С. 62–68.

9. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур : підручник. 5-те вид., виправ., допов. Львів : НВФ “Українські технології”, 2020. 806 с.

10. Феоктістов П. О., Блищик Д. В. Вплив змін клімату на строки сівби озимої пшениці на Півдні України. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2014. № 1/2. С. 56–61.

11. Формування врожаю і якості зерна пшениці озимої залежно від строків сівби та рівня живлення / А. М. Шувар та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 63. С. 161–173.

12. Хорішко С. А. Продуктивність пшениці озимої залежно від строків сівби та рівня мінерального живлення по стерньовому попереднику в умовах Північного Степу України. *Зрошуване землеробство*. 2015. Вип. 63. С. 12–15.

13. Ярчук І. І., Мельник Т. В. Строки сівби і норми висіву пшениці твердої озимої. *Зернові культури*. 2018. Т. 2, № 1. С. 94–100. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0013>.

14. Chuhrii, H. A. Formation of the productivity of winter wheat varieties depending on the sowing date in the conditions of the Donetsk region. *Taurian Scientific Herald*, 2019.07, 178–185. doi: 10.32851/2226-0099.2019.107.24.

15. Climate change impacts for Ukraine / L. Wilson et al. 2021. Devon : Met Office.

16. Convention on Biological Diversity. (1992, June). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_030#Text.

17. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. (1979, June). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_129#Text.

18. DSTU 7855:2015. (2015). *Soil quality. Determining the group composition of humus according to Tyurin's method as modified by*

Kononova and Belchikova. Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62737.

19. DSTU 3768-2019. (2019). *Wheat. Specifications*. Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82765.

20. DSTU 4405:2005. (2006). *Soil quality. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by the Kirsanov method in the modification of the National Center of IGA*. Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=60252.

21. DSTU 7863:2015. (2016). *Soil quality. Determination of easily hydrolyzable nitrogen by the Kornfield method*. Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62745.

22. DSTU 3768:2019 (2019). *Wheat. Technical conditions* Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82765.

23. Dynamics of climate changes and its effect on the performance of cereals according to satellite data / O. Tarariko et al. *Agricultural Science and Practice*, 2022. 9 (2), 64–80. doi: 10.15407/agrisp9.02.064.

24. Gandjaeva, L. Effect of sowing date on yield of winter wheat cultivars Grom, Asr and Kuma in Khorezm region. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2019. 25 (3), 474–479.

25. Growth and productivity of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) depending on the sowing parameters / S. Poltoretskyi et al. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020. 10 (2), 81–87. doi: 10.15421/2020_68.

26. Gutsol, G., & Ovcharuk, I. Justification of winter wheat sowing timing under global warming conditions. *Agrarian Innovations*, 2023. 18, 41–44. doi: 10.32848/agrar.innov.2023.18.5.

27. Impact of climate change on the features of morphological analysis in the evaluation of winter wheat / Kucherenko et al. *Breeding and seed production*. 2015. No. 103. P. 107–114.

28. Influence of sowing date on the growth and yield performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties / U. Madhu et al. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 2018. 3 (1) 89–94. doi: 10.26832/24566632.2018.0301014.

29. Influence of sowing dates and fertilisation on yield and quality of winter wheat grain / N. Rudavska et al. *Scientific Horizons*, 2024. 27 (8), 80–89. <https://doi.org/10.48077/scihor8.2024.80>.

30. Ivanina, V. V., & Korotenko, I. M. The influence of nitrogen fertilizers and precursors on the productivity of winter wheat. *Cereal Crops*, 2022. 6 (2), 100–105. doi: 10.31867/2523-4544/0238.

31. Jaisi, S., Thapa, A., & Poudel, M. R. Study of correlation coefficient and path analysis among yield parameters of wheat: A review. *INWASCON Technology Magazine*, 2021. 3, 1–4. doi: 10.26480/itechmag.03.2021.01.04.

32. Kovalenko, A. M., & Kiriya, Y. P. Yield and quality of seeds of different varieties of winter wheat crop depending on agro cultivation methods and climate change conditions. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 2018. 5 (75). doi: 10.31548/dopovidi2018.05.021.

33. Kryvenko, A. I., Pochkolina, S. V., & Bezede, N. G. Yield and grain quality of promising winter wheat varieties at different sowing times in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 2019. 107, 78–85. doi: 10.32851/2226-0099.2019.107.10.

34. Markovska, O. E., & Grechishkina, T. A. Productivity of winter wheat varieties depending on the elements of growing technology in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Agrobiology*, 2020. 1, 96–103. doi: 10.33245/2310-9270-2020-157-1-96-103.

35. Methodology of field experiment (irrigated agriculture) / V. O. Ushkarenko et al. 2019. Ukraine: Oldi+.

36. Oliinyk, K. M., Blazhevych, L. Y., & Davydiuk, H. V. The effect of adaptive technologies of cultivation on winter wheat grain quality indices. *Feeds and Feed Production*, 2018. 86, 141–146.

37. Petrychenko, V., & Korniyshuk, O. Factors stabilizing winter wheat grain production in Pravoberezhny Forest-Steppe. *Bulletin of Agrarian Science*, 2018. 96 (2), 17–23. doi: 10.31073/agrovisnyk201802-03.

38. Petrychenko, V. F., & Lykhochvor, V. V. *Plant growing. New technologies for growing field crops*. 2020. Lviv: “Ukrainian technologies”.

39. Plausible changes in wheat-growing periods and grain yield in China triggered by future climate change under multiple scenarios and periods. / L. Yujie et al. *Quarterly J. of the Royal Meteorological Society*. 2021. V. 147, Issue 741. P. 4371–4387. DOI: 10.1002/qj.4184.

40. Polovyi, V., Lukashchuk, L., & Huk, L. Efficiency of intensification of technique of growing winter wheat in Western Forest-steppe. *Bulletin of Agrarian Science*, 201). 11, 35–40. doi: 10.31073/agrovisnyk201811-05.

41. Productivity of winter wheat depending on sowing dates and fertilization / N. Rudavska et al. *Scientific Horizons*, 2023. 26 (10), 107–115. doi: 10.48077/scihor10.2023.10.

42. Shakaliy, S., Bahan, A., & Barat, Y. The influence of sowing dates on the yield and grain quality of winter wheat. *Scientific Reports of the*

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 2020. 16 (1). doi: 10.31548/dopovidi2020.01.007.

43. The effectiveness of microfertilizers for seed treatment and foliar applications of winter wheat crops / V. V. Hanhur, Kocherha et al. *Scientific Progress & Innovations*, 2021. 2, 46–51. doi: 10.31210/visnyk2021.02.05.

44. The influence of weather conditions on the duration of certain growing seasons and the yield of soft winter wheat in the Forest Steppe and Polissia / B.V. Bliznyuk et al. *Myronivka Bulletin*, 2019. 8, 73–90. doi: 10.31073/mvis201908-07.

45. Ulich, O. L. Trends in the timing of sowing of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in the southern part of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine due to climate change. *Herald of Agrarian Science*, 2018. 6 (783), 19–24. doi: 10.31073/agrovisnyk201806-03.

46. Vozhegova, R. A., & Bily, V. M. Dynamics of growth processes, yield and seed quality of winter wheat varieties depending on agrotechnical cultivation measures. *Irrigated Agriculture*, 2019. 71, 166–171.

47. Vozhegova, R., & Kryvenko, A. The impact of biological products on winter wheat productivity and economic and energy efficiency of the technology of its cultivation in conditions of the Southern Ukraine. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 2019. 23 (1), 39–46. doi: 10.31521/2313-092X/2019-1(101)-6.

48. Yamkoviyy, V. Yu., Bunyak, O. I., & Yashchuk, N. O. Productivity and quality of winter wheat grains depending on the foliar feeding fertilization with micronutrients in the left bank Forest-Steppe of Ukraine. *Agrarian Innovations*, 2021. 5, 101–107. doi: 10.32848/agrar.innov.2021.5.16.

49. Yield and quality of winter wheat grain under different cultivation technologies / O. A. Zaima et al. *Plant Varieties Studying and Protection*, 2024. 20 (1), 51–57. doi: 10.21498/2518-1017.20.1.2024.300136.

50. Yield and sowing qualities of winter bread wheat seeds depending on the preceding crops and sowing dates in the Forest-Steppe of Ukraine / A. Siroshstan et al. *American Journal of Agriculture and Forestry*, 2021. 9 (2), 76–82. doi: 10.11648/j.ajaf.20210902.15.

Наукове видання

Монографія

Галина БІЛОВУС, Ігор ВОЛОЩУК,
Петро ГНАТІВ, Роман ІЛЬЧУК, Юрій ОЛІФІР,
Данило ПУКАЛО, Наталія РУДАВСЬКА

**Агроекологічні основи
сільськогосподарського виробництва
Західного регіону**

ISBN 978-617-95314-9-1



Підписано до друку 24.10.2024 р.
Формат 30х42/4. Тираж 300 пр. Ум. друк. арк. 15,6

Видавець та виготовлювач:
Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції
ДК № 7457 від 28.09.2021 р.



<https://isgkr.com.ua/>