

Уманський національний університет

ВІСНИК
Уманського національного
університету

№ 1



Видавничий дім
«Гельветика»
2026

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор – Яценко Вячеслав Васильович, доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва Уманського національного університету, Україна

Заступник головного редактора – Чаплюцький Андрій Миколайович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри плодівництва і виноградарства Уманського національного університету, Україна

Члени редколегії:

Полторецький Сергій Петрович, доктор сільськогосподарських наук, декан факультету агрономії, професор кафедри рослинництва Уманського національного університету, Україна

Діордієва Ірина Павлівна, доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського національного університету, Україна

Мазур Олександр Васильович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва, селекції та біоенергетичних культур Вінницького національного аграрного університету, Україна

Хареба Володимир Васильович, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, в.о. академіка-секретаря, Апарат Президії Національної академії аграрних наук України, Україна

Дрига Вікторія Вікторівна, доктор сільськогосподарських наук, старший дослідник, головний науковий співробітник лабораторії селекції зернових, нішевих культур та генетичних ресурсів рослин Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Україна

Хохура Пьотр (Chohura Piotr), доктор філософії, доцент кафедри садівництва Вроцлавського природничого університету, м. Вроцлав, Польща

Василева Валя (Vassileva Valya), доктор філософії, професор, директор Інституту фізіології рослин та генетики Болгарської академії наук, м. Софія, Болгарія

Журнал ухвалено до друку Вченою радою
Уманського національного університету
02.04.2026, протокол № 9

Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа:
Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 1762 від 23.05.2024 року.
Ідентифікатор медіа R30-04659

Суб'єкт у сфері друкованих медіа:
Уманський національний університет (вул. Інститутська 1, м. Умань, Черкаська обл., 20301,
udau@dau.edu.ua, тел. (047) 443-20-11)

До 21 серпня 2025 р. журнал виходив під назвою «Вісник Уманського національного університету садівництва».

У зв'язку зі зміною назви журналу було внесено відповідні зміни до Реєстру суб'єктів у сфері медіа
Рішенням Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 1716 від 21.08.2025

На підставі наказу Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019 р. (додаток 7) журнал внесений
до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») у галузі Природничі науки (Е2 – Екологія), Виробництво та техно-
логії (Г13 – Харчові технології), Аграрні науки та продовольство (Н1 – Агрономія, Н3 – Садово-паркове господарство).

Офіційний сайт видання: www.visnyk-unaus.udau.edu.ua

Мови видання: українська, англійська

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення
StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

ЗМІСТ

А. Л. Андрієнко, О. О. Андрієнко ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ ПІД ВПЛИВОМ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ.....	5
М. І. Бомба, О. Ф. Литвин, М. Я. Бомба ГРУПА СТИГЛОСТІ ТА ГУСТОТА КУКУРУДЗЯНОГО ФІТОЦЕНОЗУ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ.....	17
Б. І. Вовк ТЕХНОЛОГІЯ NO-TILL У СУЧАСНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ УКРАЇНИ: ПЕРЕВАГИ, ОБМЕЖЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ.....	23
І. Д. Жиліяк, І. І. Сенік, Р. В. Карпінський УРОЖАЙНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ МЯКОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ПРИПОСІВНОГО УДОБРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН.....	30
Н. М. Зеленянська, В. Г. Мавров ІНТЕНСИФІКАЦІЯ КАЛЮСОГЕНЕЗУ ЩЕП ВИНОГРАДУ НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ПРЕПАРАТІВ	39
В. П. Карпенко, Р. М. Притуляк, О. О. Коробко ПРОДУКЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО ЗА ІНТЕГРОВАНОЇ ДІЇ ГЕРБІЦИДІВ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН.....	48
А. М. Piddubna, V. M. Maluk, A. M. Razanova FEATURES OF THE INTRODUCTION AND USE OF CATALPA SPECIES IN LANDSCAPING IN THE CONDITIONS OF THE BOTANICAL GARDEN «PODILLIA» OF VNAU.....	54
І. В. Чикін, Г. М. Господаренко, Я. О. Мізерака ГУМУСОВАНІСТЬ І ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ.....	61
Р. В. Яковенко, В. Ю. Лабунець РІСТ І ВРОЖАЙНІСТЬ ДЕРЕВ ЯБЛУНІ ЗАЛЕЖНО ВІД ОПТИМІЗОВАНОГО АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ.....	68
В. В. Яценко, В. С. Горбенко СОРТОВІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СОЇ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....	73

CONTENTS

A. L. Andriienko, O. O. Andriienko FORMATION OF YIELD AND QUALITY INDICATORS OF CORN GRAIN UNDER THE INFLUENCE OF AGROTECHNOLOGICAL MEASURES.....	5
M. I. Bomba, O. F. Lytvyn, M. Ya. Bomba MATURITY GROUP AND DENSITY OF CORN PHYTOCENOSY UNDER CLIMATE CHANGE.....	17
B. I. Vovk NO-TILL TECHNOLOGY IN MODERN UKRAINIAN AGRICULTURE: ADVANTAGES, LIMITATIONS, AND PROSPECTS FOR ADOPTION.....	23
I. D. Zhyliak, I. I. Senyk, R. V. Karpinskyi YIELD OF WINTER SOFT WHEAT DEPENDS ON POST-SOWING FERTILIZATION AND APPLICATION OF GROWTH STIMULATORS OF PLANTS.....	30
N. M. Zelenianska, V. G. Mavrov INTENSIFICATION OF CALLOGENESIS IN GRAPEVINE GRAFTED CUTTINGS THROUGH THE APPLICATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE PREPARATIONS.....	39
V. P. Karpenko, R. M. Prytuliak, O. O. Korobko YIELD INDICATORS OF WINTER TRITICALE UNDER THE INTEGRATED ACTION OF HERBICIDES AND PLANT GROWTH REGULATORS.....	48
A. M. Piddubna, V. M. Malyk, A. M. Razanova FEATURES OF THE INTRODUCTION AND USE OF CATALPA SPECIES IN LANDSCAPING IN THE CONDITIONS OF THE BOTANICAL GARDEN «PODILLIA» OF VNAU.....	54
I. V. Chykin, H. M. Hospodarenko, Ya. O. Mizeraka HUMUS CONTENT AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF PODZOLIZED CHERNOZEM DEPENDING ON FERTILIZATION.....	61
R. V. Yakovenko, V. Yu. Labunets GROWTH AND PRODUCTIVITY OF APPLE TREES UNDER OPTIMIZED NITROGEN FERTILIZATION.....	68
V. V. Yatsenko, V. S. Horbenko VARIETAL CHARACTERISTICS OF SOYBEAN YIELD FORMATION UNDER DIFFERENT TILLAGE SYSTEMS IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE.....	73



А. Л. Андриєнко

кандидат сільськогосподарських наук, с.н.с.,
завідувач лабораторії землеробства,
Інститут сільського господарства Степу
Національної академії аграрних наук
(с. Созонівка, Кропивницький район, Кіровоградська область, Україна)
E-mail: cornagroteh@ukr.net
orcid.org/0000-0002-2318-9454

О. О. Андриєнко

кандидат сільськогосподарських наук, с.н.с., доцент,
Центральноукраїнський національний технічний університет
(м. Кропивницький, Кіровоградська область, Україна)
E-mail: andrienko2277@gmail.com
orcid.org/0000-0003-1982-1151



ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ ПІД ВПЛИВОМ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ

Стаття присвячена розробці основних параметрів біоадаптивної технології вирощування кукурудзи (*Zea mays L.*), які регулюють урожайність та якість зерна в умовах Степу України. Використовували основний метод досліджень – польовий, а як додаткові – лабораторний і математичної статистики (дисперсійний і кореляційний аналізи). Дослідження проводили в умовах Степу України впродовж 2010–2017 рр. Встановлено, що попередники та система основного обробітку ґрунту істотно впливали на урожайність і біохімічний склад зерна. Найвищу продуктивність забезпечувала полицева оранка незалежно від попередника. Серед попередників найбільш ефективною була соя: за оранки урожайність становила 7,15 т/га, тоді як після соняшнику – 6,29 т/га. Мінімальний обробіток знижував урожайність на 0,31–0,46 т/га, а пряма сівба – до 4,17–5,61 т/га залежно від попередника. Вміст крохмалю зростає за мінімізації обробітку і досягав 72,3%, тоді як за оранки він був дещо нижчим (70,6–71,7%). Найвищий вміст білка (10,0%) отримано після сої за оранки. Мінімізація та нульовий обробіток знижували його на 0,3–0,9%. Вміст жиру був стабільним (7,1–7,3%). Виявлено зворотний кореляційний зв'язок між урожайністю та крохмалем ($r = -0,65$), а також між крохмалем і білком ($r = -0,82$); прямий – між урожайністю та білком ($r = 0,86$). Строки сівби суттєво впливали на продуктивність: найвищі показники забезпечувала сівба 15 квітня (8,21–8,71 т/га), тоді як перенесення до 15 травня знижувало урожайність на 0,52–1,08 т/га. Вміст крохмалю змінювався неістотно ($\pm 0,3$ –0,5%) і був дещо вищим за пізнішої сівби, тоді як вміст білку зменшувався. Густота стояння рослин визначалась біологічними особливостями гібридів. Оптимальною для більшості форм вона була 60 тис. рослин/га, що забезпечувало максимальну урожайність (до 8,47 т/га). Загущення до 75 тис./га підвищувало вміст крохмалю на 0,2–0,6%, але знижувало вміст білка. Отже, формування урожайності та якості зерна кукурудзи зумовлюється комплексною взаємодією генотипу й агротехнічних чинників, серед яких визначальними є попередник, система обробітку ґрунту, строки сівби та густота посіву.

Ключові слова: обробіток ґрунту, попередники, біохімічний склад зерна, строки сівби, густота стояння.

A. L. Andriienko

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher,
Head of the Laboratory of Agriculture,
Institute of Steppe Agriculture, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Sozonivka village,
Kropyvnytskyi district, Kirovohrad region, Ukraine)
E-mail: cornagroteh@ukr.net
orcid.org/0000-0002-2318-9454

O. O. Andriienko

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Associate Professor,
Central Ukrainian National Technical University (Kropyvnytskyi, Kirovohrad region, Ukraine)
E-mail: andrienko2277@gmail.com
orcid.org/0000-0003-1982-1151

FORMATION OF YIELD AND QUALITY INDICATORS OF CORN GRAIN UNDER THE INFLUENCE OF AGROTECHNOLOGICAL MEASURES

The article is devoted to the development of the main parameters of bioadaptive corn (*Zea mays* L.) cultivation technology that regulate grain yield and quality in the conditions of the Ukrainian Steppe. The main research method used was field research, with additional laboratory and mathematical statistics (dispersion and correlation analyses). The research was conducted in the steppe region of Ukraine during 2010–2017. It was found that predecessors and the system of basic soil cultivation significantly affected the yield and biochemical composition of grain. Plow plowing provided the highest productivity regardless of the predecessor. Among the predecessors, soybeans were the most favorable: after plowing, the yield was 7.15 t/ha, while after sunflowers, it was 6.29 t/ha. Minimum tillage reduced yield by 0.31–0.46 t/ha, and direct seeding reduced it by 4.17–5.61 t/ha, depending on the previous crop. The starch content increased with minimum tillage and reached 72.3%, while with plowing it was slightly lower (70.6–71.7%). The highest protein content (10.0%) was formed after soybeans with plowing. Minimization and zero tillage reduced it by 0.3–0.9%. The fat content was stable (7.1–7.3%). An inverse correlation was found between yield and starch ($r = -0.65$), as well as between starch and protein ($r = -0.82$); a direct correlation was found between yield and protein ($r = 0.86$). Sowing dates had a significant effect on productivity: the highest yields were obtained when sowing on April 15 (8.21–8.71 t/ha), while postponing sowing until May 15 reduced yield by 0.52–1.08 t/ha. The starch content changed insignificantly (± 0.3 – 0.5%) and was slightly higher with later sowing, while protein decreased. Plant density was determined by the biological characteristics of the hybrids. The optimal density for most forms was 60,000 plants/ha, which ensured maximum yield (up to 8.47 t/ha). Thickening to 75,000/ha increased the starch content by 0.2–0.6%, but reduced the protein content. Thus, the formation of corn yield and grain quality is determined by the complex interaction of genotype and agrotechnical factors, among which the most important are the predecessor, the soil cultivation system, the sowing date, and the sowing density.

Key words: soil cultivation, predecessors, biochemical composition of grain, sowing dates, planting density.

Постановка проблеми. У сучасних умовах інтенсифікації землеробства та кліматичної нестабільності формування врожайності і якісних показників зерна кукурудзи (*Zea mays* L.) набуває стратегічного значення у забезпеченні продовольчої, кормової та енергетичної безпеки. Незважаючи на високий генетичний потенціал сучасних гібридів, продуктивність і вміст білка, крохмалю та жиру істотно залежать від попередника, строків сівби, густоти стояння рослин і способів обробітку ґрунту [1, 2]

У виробничих умовах часто спостерігається дисбаланс між досягненням високої врожайності та формуванням зерна з оптимальними біохімічними характеристиками. Азотне живлення сприяє зростанню вмісту білка, проте може супроводжуватися змінами співвідношення білка й крохмалю, що впливає на кормову та технологічну цінність зерна. Водночас, порушення сівозміни й неоптимальна густина посіву обмежують синтез сухої речовини та знижують виповненість зернівки [3–5].

Отже, проблема полягає у необхідності наукового обґрунтування інтегрованої системи агротехнологічних прийомів, здатної забезпечити збалансоване формування врожайності та якісних показників зерна кукурудзи в умовах сучасного землеробства. Вирішення цього питання є передумовою підвищення ефективності виробництва, покращення поживної та енергетичної цінності зерна й забезпечення його конкурентоспроможності на внутрішньому та світовому ринках.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Кукурудза є однією з провідних зернових культур у світі, що виконує ключову роль у забезпеченні продовольчої та кормової безпеки, а також слугує промисловим сировинним ресурсом. Зерно кукурудзи характеризується високим вмістом вуглеводів (переважно крохмалю, до 70–75% сухої маси) та білка (7–11%), що визначає його енергетичну цінність та харчові властивості [1–7]. Водночас білкова складова зерна обмежена дефіцитом незамінних амінокислот (лізин,

метіонін, триптофан), що знижує біологічну цінність білка та обмежує його харчову придатність для людини та тварин [5].

Якість зерна визначається вмістом білка, крохмалю, жиру, клітковини та перетравністю сухої речовини. Високий рівень цих показників забезпечує максимальну енергетичну та поживну цінність для тварин [3, 5, 8–10]. Застосування оптимальних агротехнічних заходів підвищує виповненість зернівки, зменшує частку щуплого зерна та підвищує концентрацію білка і крохмалю [1, 3–5].

Дослідження вказують, що такі фактори, як попередник, строки сівби та густина стояння, мають визначальний вплив на кормову цінність зерна. Наприклад, вирощування кукурудзи після бобових культур сприяє кращій доступності азоту та підвищує вміст білка, а оптимальна густина стояння рослин покращує масу зерна та його поживну цінність [8–10].

Дослідження проведені вченими різних країн підтверджують ці закономірності. Samacho et al. [11] показали, що баланс білка та крохмалю у зерні кукурудзи впливає на засвоюваність корму та продуктивність тварин. Hassenberg et al. [12] відзначають, що генетичний потенціал кукурудзи реалізується лише за умов правильної агротехніки та добору гібридів під конкретні кліматичні умови.

Ключовим завданням сучасної агрономії є оптимізація концентрації білка та крохмалю в зерні через поєднання генетичних, агротехнічних та біотехнологічних підходів. Білок забезпечує ріст, відновлення тканин та метаболічні процеси, тоді як крохмаль є основним енергетичним компонентом та визначає промислову цінність зерна, включаючи виробництво біопалива та функціональних продуктів [6].

Методи управління ґрунтом та сівозіна також відіграють критичну роль у формуванні якісних характеристик зерна. Інтегроване управління родючістю ґрунту, включаючи поєднання органічних і мінеральних добрив, оптимізацію

густоти посіву та глибокий обробіток ґрунту, підвищує накопичення сухої речовини та азоту в рослині, покращує розвиток кореневої системи та сприяє вищому вмісту білка у зерні [13, 14]. Сівозміна з включенням бобових культур підвищує доступність азоту та сприяє більшому накопиченню білка [15].

Вплив агротехнологічних заходів на крохмаль проявляється менш виражено, проте є суттєвим для технологічних характеристик зерна. Зокрема, внесення азоту та використання різних режимів удобрення впливають на співвідношення амілози та амілопектину, середній розмір гранул та кристалічність крохмалю [16–18].

Таким чином, системне застосування оптимізованих технологічних заходів з урахуванням погодних умов є необхідною умовою для оптимізації харчової цінності та промислової придатності кукурудзи, а також забезпечення її стабільного виробництва у змінних агроекологічних умовах.

Метою статті є встановлення впливу попередників, систем основного обробітку ґрунту, строків сівби та густоти стояння рослин на формування врожайності та якісних показників зерна кукурудзи, а також визначення оптимальних параметрів елементів технології вирощування для максимальної реалізації генетичного потенціалу гібридів.

Методика дослідження. Дослідження проводили у 2010–2017 рр. в Інституті сільського господарства Степу НААН в умовах помірно континентального клімату. Ґрунт – чорнозем звичайний глибокий середньогумусний важкосуглинковий із вмістом гумусу 4,69%, рН 6,5–7,0; забезпеченість: N – низька (137 мг/кг), P – середня (100 мг/кг), K – висока (151 мг/кг).

Польові дослід з попередниками (пшениця озима, кукурудза, соя, соняшник) проводилися у 2010–2012 рр. на фоні використання післяжнивних решток та мінерального удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ (додатково при сівбі вносили – $N_{10}P_{10}K_{10}$). Вивчали три системи основного обробітку: полицева оранка (25–27 см), мілкий дисковий (10–12 см) та пряма сівба. Передпосівний обробіток (крім прямої сівби) включав боронування і культивування (5–7 см). Захист від бур'янів здійснювали із застосуванням гербіцидів суцільної та страхової дії відповідно до рекомендацій [19].

Біохімічні показники зерна визначали лабораторно: крохмаль – за методом Еверса, білок – К'ельдаля, жир – Сокслета. Статистичну обробку даних проводили методами дисперсійного та кореляційного аналізу [20]. Клімат регіону характеризується нестійким зволоженням (499 мм опадів на рік; ГТК = 1), роки досліджень різнилися за температурою й вологозабезпеченням.

Кукурудза є дуже чутливою до нестачі вологи у період, що починається за 10 днів до викидання волотей і триває до середини цвітіння, що припадає на червень, а також під час наливу зерна, що відбувається у липні. У червні середньомісячна кількість опадів змінювалася за роками й іноді перевищувала норму (64 мм) або, навпаки, була значно меншою від неї. Так,

в окремі роки проведення досліджень (2011 р. – 128,0 мм; 2015 р. – 74,0 мм; 2016 р. – 65 мм) кількість опадів за червень перевищувала норму, а в поодинокі посушливі роки зменшувалася до 26,1 мм (2012 р.) та 17,0 мм (2017 р.). Другим за зволоженням та важливістю для рослин є липень з нормою опадів 60 мм. В окремі роки проведення досліджень (2010 р. – 146 мм; 2015 р. – 74,0 мм) кількість опадів за липень перевищувала норму, а в окремі гостро посушливі роки зменшувалася до 11,0 мм (2016 р.).

У критичний період вологоспоживання кукурудзи найбільш сприятливими були 2010, 2011 роки, коли у червні–липні кількість атмосферних опадів коливалася від 170 до 182 мм. Також сприятливим був й 2015 рік. У посушливі роки в цей період органогенезу кількість опадів становила: 2012 р. – 85,1 мм, 2013 р. – 82,0 мм, 2017 р. – 85,0 мм.

Проведений аналіз погодних умов за гідротермічним коефіцієнтом у роки досліджень показав, що вегетаційний період 2012, 2017 років був сильно посушливим $ГТК_{V-IX}=0,47-0,57$, 2014 рік – середньо посушливими $ГТК_{V-IX}=0,62$, у 2011, 2013, 2015, 2016 роках – слабо посушливими $ГТК_{V-IX}=0,80-0,93$ та у 2010 рік – достатньо зволеним $ГТК_{V-IX}=1,07$.

Результати досліджень. Попередники та основний обробіток ґрунту істотно впливають на умови мінерального живлення рослин, фітосанітарний стан посівів і агрофізичні властивості ґрунту, від чого безпосередньо залежить формування врожайності та якісних показників зерна кукурудзи. Найвищі значення всіх досліджуваних показників формувалися за полицевої оранки незалежно від попередника. Серед попередників найбільш сприятливі умови для формування продуктивності кукурудзи забезпечувала соя. За оранки урожайність зерна становила 7,15 т/га, що перевищувало відповідні показники після пшениці озимої, кукурудзи на зерно та соняшнику. Після пшениці озимої за оранки урожайність зерна складала 6,72 т/га, тоді як найнижчі показники спостерігалися після соняшнику – 6,29 т/га.

Застосування мілкої дискової обробітку ґрунту (10–12 см) призводило до достовірного зниження продуктивності кукурудзи за всіма попередниками. Урожайність зерна зменшувалася на 0,31 т/га після сої та на 0,45–0,46 т/га після пшениці озимої, кукурудзи на зерно й соняшнику порівняно з оранкою (табл. 1).

Найбільше падіння досліджуваних показників відмічено за нульового обробітку ґрунту. Особливо чутливою до прямої сівби кукурудза виявилася після пшениці озимої та соняшнику – урожайність зерна зменшувалася до 4,17 та 5,61 т/га. Водночас після сої, навіть за прямої сівби, урожайність становила 6,56 т/га, що перевищувало аналогічний показник за оранки після кукурудзи на зерно (6,55 т/га) та соняшнику (6,29 т/га).

Спостереження за зміною якісних показників зерна кукурудзи показали, що вплив обробітку ґрунту на вміст крохмалю в зерні був практично

однаковим після всіх попередників та зростає зі зменшенням глибини обробітку. Так, найбільшим вміст крохмалю у зерні кукурудзи був у варіантах прямої сівби та мілкої дискової обробітку після соняшнику і становив 72,3%. Даний показник на 0,8% переважав результати, отримані після попередника соя, на 0,6% після попередника пшениця озима та на 0,4% у повторних посівах.

Застосування мілкої дискової обробітку ґрунту замість прямої сівби при вирощуванні кукурудзи після сої призводило до зниження вмісту крохмалю на 0,7%, після пшениці озимої – на 0,5%, після кукурудзи на зерно – на 0,4%, а після соняшнику не впливало. За оранки було зафіксовано найнижчий вміст крохмалю в зерні кукурудзи і після сої він становив 70,6%, після пшениці озимої 70,0%, після кукурудзи на зерно – 71,0%, а після соняшнику – 71,7%.

Результати досліджень показали, що найвищий вміст білка в зерні кукурудзи спостерігався за сівби після попередника соя за полицевої оранки і становив 10,0%. Вирощування кукурудзи після пшениці озимої та у повторних посівах за глибокого обробітку забезпечило 9,7% білка в зерні, а сівба кукурудзи після соняшнику – 9,5%.

Мінімізація основного обробітку ґрунту призводила до зниження вмісту білка в зерні кукурудзи за сівби після пшениці озимої на 0,4%, після сої та соняшнику – на 0,3%, а у повторних посівах – на 0,2%. Використання в технологічному процесі прямої сівби призвело до ще більшого зниження цього показника, який за сівби після пшениці озимої та у повторних посівах зменшувався на 0,9%, а після технічних культур (сої та соняшнику) – на 0,7%. Вміст у зерні кукурудзи жиру був найбільш стабільним показником

Таблиця 1

Зміна якісних показників зерна кукурудзи залежно від попередника та основного обробітку ґрунту, 2010–2012 рр.

Попередник (фактор А)	Основний обробіток ґрунту (фактор В)	Урожайність зерна, т/га	Вміст, %		
			крохмалю	білка	жиру
Пшениця озима	оранка (25–27 см)	6,72	71,1	9,7	7,3
	дискування (10–12 см)	6,26	71,2	9,3	7,2
	нульовий обробіток	4,17	71,7	8,8	7,2
Соя	оранка (25–27 см)	7,15	70,6	10,0	7,3
	дискування (10–12 см)	6,84	70,8	9,7	7,3
	нульовий обробіток	6,56	71,5	9,3	7,3
Кукурудза на зерно	оранка (25–27 см)	6,55	71,0	9,7	7,3
	дискування (10–12 см)	6,08	71,5	9,5	7,2
	нульовий обробіток	5,64	71,9	8,9	7,1
Соняшник	оранка (25–27 см)	6,29	71,7	9,5	7,2
	дискування (10–12 см)	5,84	72,3	9,2	7,2
	нульовий обробіток	5,61	72,3	8,8	7,1
НІР ₀₅ для урожайності, т/га	фактор А – 0,20–0,21; фактор В – 0,17–0,18; фактор АВ – 0,34–0,36				

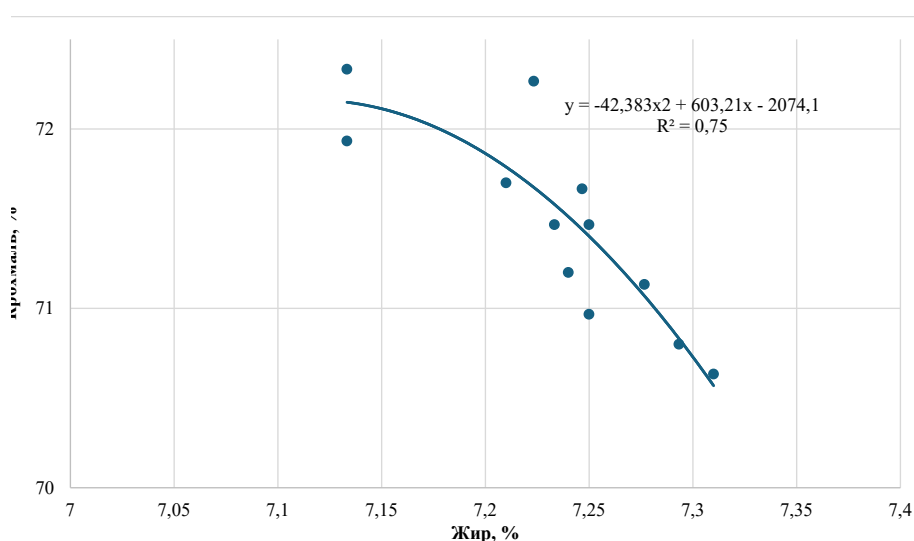


Рис. 1. Взаємозв'язок між вмістом крохмалю та жиру в зерні кукурудзи за різних попередників та обробіток ґрунту, 2010–2012 рр.

і становив 7,1–7,3%. Варіювання цього показника було мінімальним і залежно від попередника та обробітку ґрунту він змінювався не більше, ніж на 0,1–0,2%.

Встановлено помірний зворотній кореляційний зв'язок між урожайністю кукурудзи та вмістом крохмалю в її зерні $r = -0,65$ та тісний зворотній зв'язок між вмістом крохмалю і жиру $r = -0,83$, де $R^2 = 0,76$ (рис. 1), а також крохмалю та білка $r = -0,82$, де $R^2 = 0,70$ (рис. 2).

Водночас встановлено прямі кореляційні зв'язки: тісний між урожайністю та вмістом білка $r = 0,86$, вмістом білка та жиру $r = 0,87$ (де $R^2 = 0,76$) (Рис. 3).

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,76$ свідчить про тісний зв'язок, у межах якого більше 76% варіації вмісту жиру пояснювалося рівнем білка у зерні.

Тобто зі збільшенням білка поступово підвищувався і вміст жиру. Найнижчі значення кількості жиру (7,1–7,2%) спостерігалися за вмісту білка 8,8–9,3%, тоді як підвищення частки білка до 9,5–10,0% супроводжувалося збільшенням частки жиру до 7,3%.

Урожайність зерна кукурудзи істотно залежала як від гібридних особливостей, так і від строків сівби. Загальною закономірністю для всіх досліджуваних гібридів було зниження врожайності за пізнього строку сівби (15 травня) порівняно до ранніх строків.

Найвищі показники врожайності сформували гібриди Адевей, ЛГ3350 та ЛГ3475, які за сівби 15 квітня забезпечили відповідно 8,71; 8,55 та 8,47 т/га зерна. Дещо нижчі, але стабільно високі результати отримано у гібридів ЛГ3258 та ЛГ30360, урожайність яких за раннього строку

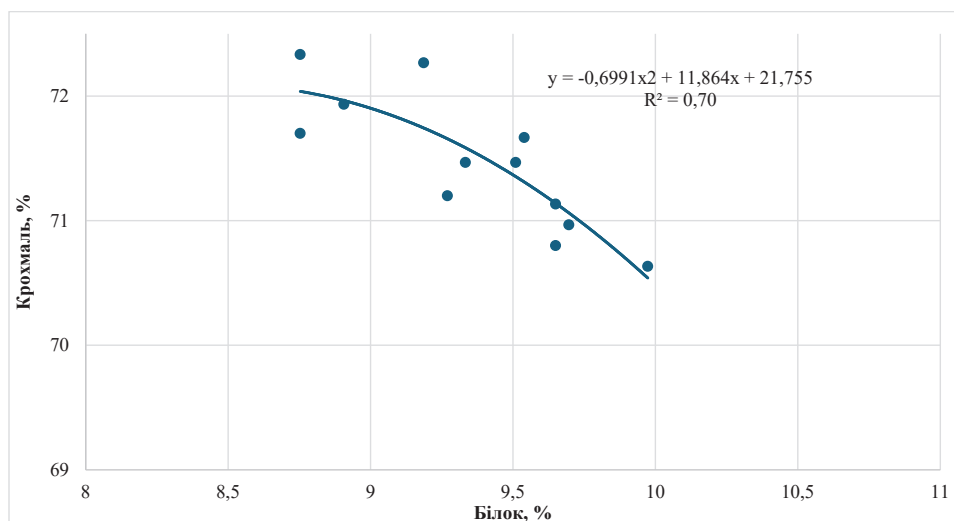


Рис. 2. Взаємозв'язок між вмістом крохмалю та білка в зерні кукурудзи за різних попередників та обробітків ґрунту, 2010–2012 рр.

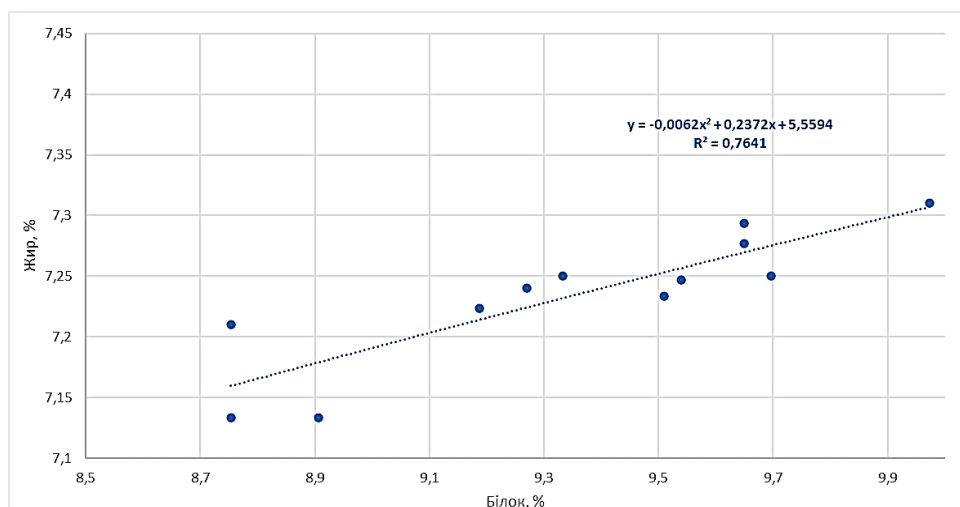


Рис. 3. Зв'язок між вмістом жиру та білка в зерні кукурудзи за різних попередників та обробітків ґрунту, 2010–2012 рр.

сівби становила 8,24 та 8,21 т/га відповідно. Найменшу продуктивність у всі строки сівби мав гібрид ЛГ2195, урожайність якого коливалася в межах 6,79–7,31 т/га.

Перенесення строку сівби з 15 квітня на 1 травня призводило до незначного зниження врожайності – у середньому на 0,03–0,36 т/га залежно від гібриду. Водночас пізня сівба (15 травня) зумовлювала більш відчутний недобір урожаю – 0,52–1,08 т/га порівняно до раннього строку. Найбільш чутливими до відтермінування сівби виявилися гібриди кукурудзи ЛГ3258, ЛГ3350 та ЛГ3475, у яких недобір врожаю за сівби 15 травня перевищував 1,0 т/га.

Отже, оптимальним строком сівби для формування максимальної врожайності зерна кукурудзи в умовах досліді було 15 квітня, тоді як відтермінування сівби до середини травня істотно обмежувало можливості більшості гібридів до реалізації їх генетичного потенціалу.

Біохімічний аналіз показав незначні зміни цих показників під впливом строків сівби. Так, в середньому у досліджуваних гібридів вміст крохмалю у зерні був стабільним і відхилявся від середніх значень незначно – на 0,3–0,5%. Більший вплив на варіювання цього показника забезпечували біотики кукурудзи. Так, серед гібридів найменший вміст крохмалю був у гібрида ЛГ2195 і коливався він у межах від 69,8 (сівба 15 квітня) до 70,3% (сівба 15 травня). У гібрида ЛГ3258 кількість крохмалю біла стабільно високою – 72,0–72,4%, а зміна строків сівби найменше впливала на його величину (табл. 2).

Більший вміст крохмалю у зерні всіх гібридів був за раннього строку сівби (15 травня). Максимальним він був у гібрида Адевей і становив 72,6–73,2%. У середньостиглих гібридів ЛГ30360 та ЛГ3350 кількість крохмалю у зерні коливалася від 72,0 до 72,7%, при цьому мінімальний показник встановлено 1 травня, а максимальний – 15 травня. Середньопізній гібрид ЛГ3475 показав дещо нижчий вміст крохмалю порівняно до інших гібридів – 71,2–71,6%, із найменшим значенням при сівбі 1 травня та поступовим підвищенням за 15 квітня і 15 травня. Тобто, для всіх гібридів пізній строк сівби (15 травня) забезпечував вищий вміст крохмалю у зерні на 0,3–0,5% порівняно до 15 квітня та на 0,2–0,6% порівняно до 1 травня.

Встановлено помірний зворотній кореляційний зв'язок між вмістом крохмалю та білка – $r = -0,62$, де коефіцієнт детермінації становить $R^2 = 0,52$. Вміст білка більш чутливо реагував на зміну строків сівби, причому спостерігалася тенденція до його зменшення при запізненні з сівбою. Так, у гібрида ЛГ2195 рівень білка у зерні знижувався від 10,3% (15 квітня) до 10,0% (15 травня), а у гібрида ЛГ3258 – з 10,1% до 9,7%. У гібридів Адевей та ЛГ3475 кількість білка у зерні зі зміщенням сівби до 1 та 15 травня знизився з 9,9% до 9,4–9,5%. Найнижчий вміст білка був у середньостиглих гібридів ЛГ30360 та ЛГ3350 за сівби 15 травня – 9,0 та 8,9%.

Відмічено, що найбільшим вмістом сирого протеїну відзначались гібриди середньоранньої групи стиглості з ФАО 210 та 250 – ЛГ2195 та

Таблиця 2
Варіювання якісних показників зерна гібридів кукурудзи залежно від строків сівби, 2013–2017 рр.

Гібрид (фактор А)	Строки сівби (фактор В)	Урожайність зерна, т/га	Вміст, %	
			крохмалю	білка
ЛГ2195	15 квітня	7,31	69,8	10,28
	1 травня	7,27	70,0	10,02
	15 травня	6,79	70,3	9,98
ЛГ3258	15 квітня	8,24	72,0	10,08
	1 травня	7,88	72,2	9,70
	15 травня	7,25	72,4	9,68
Адевей	15 квітня	8,71	72,7	9,86
	1 травня	8,47	72,6	9,45
	15 травня	7,89	73,2	9,42
ЛГ30360	15 квітня	8,21	72,1	9,44
	1 травня	8,18	72,0	9,04
	15 травня	7,56	72,5	9,04
ЛГ3350	15 квітня	8,55	72,3	9,36
	1 травня	8,23	72,1	8,90
	15 травня	7,47	72,7	8,88
ЛГ3475	15 квітня	8,47	71,3	9,88
	1 травня	8,46	71,2	9,47
	15 травня	7,44	71,6	9,46
NIP ₀₅ для урожайності, т/га		фактор А – 0,13–0,38; фактор В – 0,09–0,27; фактор АВ – 0,23–0,66		

ЛГ3258. Усі гібриди демонстрували єдиний тренд: рання сівба сприяла формуванню вищого вмісту білка у зерні, а сівба після 1 травня призводила до його зниження.

Після встановлення залежності біохімічного складу зерна кукурудзи від строків сівби логічним є подальший аналіз впливу іншого важливого елемента технології вирощування – густоти стояння рослин. Якщо строки сівби визначають стартові умови розвитку культури та формують фонові показники температури й вологості середовища впродовж вегетації, то густина посіву безпосередньо регулює рівень внутрішньовидової конкуренції за світло, елементи живлення та вологу. Саме зміна просторового розміщення рослин дозволяє оцінити як, за різних умов загущення або зрідження, трансформуються процеси накопичення крохмалю та білка в зерні кукурудзи, що дає можливість більш повно охарактеризувати реакцію гібридів на комплекс агротехнічних чинників.

Проведені дослідження показали, що густина стояння рослин істотно впливала на врожайність зерна кукурудзи, причому характер реакції визначався групою стиглості та біологічними особливостями гібридів. У середньораннього гібрида ЛГ2195 підвищення густоти з 45 до 60–75 тис. рослин/га забезпечувало зростання урожайності з 6,91 до 7,27–7,28 т/га. Це свідчить про позитивну реакцію гібриду на загущення та оптимальність густоти 60–75 тис. рослин/га. Гібрид ЛГ3258 найкраще реалізовував свій генетичний потенціал за густоти 60 тис. рослин/га, та забезпечував максимальні показники врожайності – 7,94 т/га. Подальше загущення до 75 тис. рослин/га призводило до зниження показників, що вказує на чутливість гібриду до надмірної

густоти. Середньоранній гібрид Адевей формувал найвищі абсолютні показники серед досліджуваних гібридів. Оптимальна густина для нього становила 60 тис. рослин/га, за якої урожайність зерна досягала 8,47 т/га. За подальшого загущення продуктивність його посівів дещо знижувалася, що свідчить про переваги помірної густоти.

У середньостиглих гібридів ЛГ30360 та ЛГ3350 коливання продуктивності в межах густоти 45–60 тис. рослин/га були мінімальними. За цих умов урожайність змінювалася в межах 8,09–8,14 та 8,01–8,03 т/га відповідно. Збільшення густоти до 75 тис. рослин/га зумовлювало помірне зниження показників, що характеризувало ці гібриди як високопластичні та адаптивні до різних умов загущення. Середньопізній гібрид ЛГ3475 відзначався протилежною реакцією: найвищі показники формувалися за мінімальної густоти 45 тис. рослин/га – 8,52 т/га зерна. Підвищення густоти до 60 і 75 тис. рослин/га призводило до поступового зниження продуктивності, що свідчить про генетичну орієнтацію гібрида на зріджені посіви та високу чутливість до загущення.

У всіх досліджуваних форм відмічена тенденція до незначного підвищення вмісту крохмалю зі збільшенням густоти стояння рослин. Різниця між показниками отриманими за крайніх досліджуваних густот становить у середньому 0,2–0,6%. У гібрида ЛГ2195 вміст крохмалю в зерні був найменшим 69,7% за густоти стояння рослин 45 тис./га і поступово зростає до 70,3% за густоти 75 тис./га. У іншого середньораннього гібрида ЛГ3258 вміст крохмалю у зерні підвищився з 72,1% до 72,4% за тих же густот. Тобто відбувалось незначне зростання показника при максимальній густоті (табл. 3).

Таблиця 3

Варіювання якісних показників зерна гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин, 2013–2017 рр.

Гібрид (фактор А)	Густина стояння рослин, тис./га (фактор В)	Урожайність зерна, т/га	Вміст, %	
			крохмалю	білка
ЛГ2195	45	6,91	69,7	10,38
	60	7,27	70,0	10,02
	75	7,28	70,3	9,72
ЛГ3258	45	7,49	72,1	10,06
	60	7,94	72,2	9,70
	75	7,50	72,4	9,52
Адевей	45	8,24	72,5	9,56
	60	8,47	72,6	9,45
	75	8,19	72,9	9,29
ЛГ30360	45	8,09	71,7	9,22
	60	8,14	72,0	9,04
	75	7,74	72,2	8,95
ЛГ3350	45	8,01	71,9	9,00
	60	8,03	72,1	8,90
	75	7,91	72,3	8,64
ЛГ3475	45	8,52	71,2	9,67
	60	8,42	71,2	9,47
	75	8,07	71,5	9,20

У середньораннього гібрида Адевей вміст крохмалю у зерні був найбільшим і становив 72,5–72,9%. Середньостиглі гібриди ЛГ30360 та ЛГ3350 продемонстрували підвищення вмісту крохмалю від 71,7–71,9% до 72,2–72,3% зі зростанням густоти стояння рослин з 45 тис./га до 75 тис./га. Тобто, підвищення густоти посіву сприяло збільшенню синтезу крохмалю в зерні.

Встановлено помітний зворотній кореляційний зв'язок ($r = -0,60$) між вмістом крохмалю та білка. Вміст протеїну мав чітку та закономірну тенденцію до зменшення зі збільшенням густоти стояння рослин. Це пояснюється підсиленням конкуренції між рослинами за азот і світло.

Встановлено, що більший вміст білка був у зерні середньоранніх гібридів ЛГ215 та ЛГ3258 і становив 10,38 та 10,06% за густоти 45 тис. рослин/га. Найнижчим цей показник був у середньостиглого гібрида ЛГ3350 за густоти стояння 75 тис. рослин/га – 8,64%. Тобто загушення посівів досліджуваних біотипів призводило до помітного зменшення вмісту білка в зерні.

Узагальнюючи результати, необхідно відмітити, що оптимальна густота стояння рослин становила: для гібрида ЛГ2195 – 60–75 тис. рослин/га; ЛГ3258 і Адевей – 60 тис. рослин/га; ЛГ30360 та ЛГ3350 – 45–60 тис. рослин/га; для гібрида ЛГ3475 – 45 тис. рослин/га. Найвищий вихід крохмалю та біоетанолу забезпечували гібриди Адевей та ЛГ3475, тоді як найнижчі показники стабільно формував гібрид ЛГ2195.

Отже, якісні показники товарної продукції кукурудзи значно залежали від генетичних особливостей гібридів та агротехнічних заходів. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи мав загальну тенденцію до зростання зі збільшенням густоти стояння рослин та відстрочення сівби до більш пізніх термінів. При цьому вміст білка у зерні за таких варіантів стабільно знижувався, але варіативність показників залежала від генетичних особливостей гібридів.

Результати наших досліджень узгоджуються із загальносвітовими тенденціями щодо впливу способів основного обробітку ґрунту на продуктивність кукурудзи. Аналіз літературних даних свідчить, що традиційна оранка як система глибокого обробітку повторно підтверджує свою здатність формувати оптимальний водно-повітряний режим, сприятливий для ростових процесів і наливу зерна. Так, у дослідях, проведених у Північному Степу України, оранка забезпечувала вищу польову схожість та врожайність кукурудзи порівняно з мінімальним або нульовим обробітком, що узгоджується з нашими висновками щодо домінуючої ролі глибокого обробітку у формуванні продуктивності культури [21].

Дослідження у Східному Китаї також показали, що зниження інтенсивності обробітку та впровадження сівби з рослинними рештками можуть поліпшувати фізико-хімічні властивості ґрунту, зокрема водоутримувальність і структуру, що сприяє росту рослин і може підвищувати врожайність. Це відповідає нашим спостереженням, де мінімалізація обробітку сприяла підвищенню

вмісту крохмалю у зерні, хоч і супроводжувалася загальним зниженням продуктивності [22].

Водночас велике довгострокове дослідження в Європі показало, що зниження інтенсивності обробітку може підтримувати рівень врожайності, але повна відмова від обробітку (no-till) інколи супроводжується зменшенням урожаю до 19 % порівняно з традиційним обробітком. Це співвідноситься з нашими даними про значне зниження продуктивності за прямої сівби порівняно з оранкою (на 37–41 %) [23].

Порівняння з іншими вітчизняними дослідженнями також підтверджує важливість агротехнічних рішень: у роботі В. М. Тоцького та О. І. Леня [24] показано, що поєднання систем обробітку ґрунту та внесення добрив впливає на біометричні та продуктивні показники гібридів кукурудзи, що узгоджується з нашими висновками про комплексний вплив обробітку, живлення та попередників на продуктивність.

Особливо важливим є врахування не лише врожаю, але й якості зерна. Наші дані щодо кореляційних взаємозв'язків між біохімічними показниками зерна (обернена залежність білка й крохмалю, прямий зв'язок білка й жиру) узгоджуються з фізіологічними уявленнями про метаболічну конкуренцію між синтезом білкових і вуглеводних сполук під впливом азотного живлення та умов обробітку.

У нашому дослідженні вміст крохмалю у зерні був вищим за умов мінімізації обробітку ґрунту та прямої сівби (до 71,8–72,2 %), що частково узгоджується з результатами міжнародних досліджень. Наприклад, у дослідях у тропічній зоні було показано, що мінімальний обробіток і залишення рослинних решток на поверхні ґрунту сприяють кращому збереженню вологи та мікроклімату в орному шарі, що може стимулювати кращий налив крохмалю у зерні, особливо за стресових погодних умов [25].

Проте інші дослідження підкреслюють, що вплив обробітку ґрунту на крохмалістість може бути модульованим системою живлення та умовами зволоження, і в окремих умовах традиційний обробіток може не впливати негативно на крохмаль у зерні [26]. У наших дослідях збільшення глибини обробітку та органо-мінеральне удобрення дещо знижували вміст крохмалю на 1,1–2,1 %, що підкреслює важливість балансу між енергетичними та пластичними речовинами у зерні.

Наші дані щодо білковості зерна узгоджуються з численними літературними джерелами, які підкреслюють сильний вплив азотного живлення на формування білковості. Виявлені нами значення білка (8,8–10,6 %) були найвищими за поєднання органо-мінеральної системи удобрення з розсіюванням пожнивних решток та внесенням компенсаторної дози азоту. Це відповідає даним ряду авторів, які показали, що недостатність азоту суттєво обмежує білковий синтез у зерні, тоді як адекватне азотне живлення підвищує його відсоток у структурі зерна кукурудзи [27].

Крім того, метаболічна конкуренція між синтезом білкових і вуглеводних сполук за обмеженої кількості пластичних речовин також була підтверджена в нашому кореляційному аналізі: збільшення білка зазвичай супроводжувалося зниженням частки крохмалю ($r \approx -0,82 \dots -0,84$). Це відповідає загальним фізіологічним уявленням про розподіл пластичних речовин у процесі формування зерна, де вищий рівень азотного живлення зміщує метаболізм у бік білкового синтезу, що підтверджено в низці досліджень [28].

Отже, узагальнення власних і літературних даних свідчить, що ефективна агротехнологія вирощування кукурудзи повинна передбачати інтегроване управління агротехнічними заходами, що забезпечує не лише високу врожайність, а й бажані параметри якості зерна – оптимальний вміст як білка, так і крохмалю для різних напрямів використання продукції.

Висновки. Встановлено, що попередники та система основного обробітку ґрунту істотно впливають на формування врожайності та якісних показників зерна кукурудзи. Найвищі показники продуктивності забезпечувала полицева оранка (25–27 см) незалежно від попередника. Найбільш сприятливим попередником для кукурудзи виявилася соя, за якої врожайність за оранки становила 7,15 т/га, що достовірно перевищувало показники після пшениці озимої (6,72 т/га), кукурудзи на зерно (6,55 т/га) та соняшнику (6,29 т/га). Мінімізація обробітку ґрунту (дискування 10–12 см) призводила до зниження врожайності на 0,31–0,46 т/га залежно від попередника. Найбільше зменшення продуктивності відмічено за нульового обробітку, особливо після пшениці озимої (4,17 т/га) та соняшнику (5,61 т/га).

Вміст крохмалю в зерні зростає за мінімізації обробітку ґрунту та прямої сівби (до 72,3%), однак це супроводжувалося зниженням вмісту білка. Найвищий вміст білка (10,0%) отримано після сої за полицевої оранки. Вміст жиру був відносно стабільним (7,1–7,3%) і мало залежав від технологічних чинників.

Встановлено тісні кореляційні зв'язки між основними показниками якості: між урожайністю та білком ($r = 0,86$), білком і жиром ($r = 0,87$), а також зворотні зв'язки між крохмалем і білком ($r = -0,82$), крохмалем і жиром ($r = -0,83$) та урожайністю і крохмалем ($r = -0,65$).

Оптимальним строком сівби для більшості гібридів було 15 квітня, що забезпечувало максимальну врожайність (8,21–8,71 т/га). Запізнення із сівбою до 15 травня знижувало врожайність на 0,52–1,08 т/га, хоча сприяло незначному підвищенню вмісту крохмалю (на 0,3–0,5%).

Густота стояння рослин істотно впливала на реалізацію генетичного потенціалу гібридів. Оптимальна густота для гібрида ЛГ2195 була 60–75 тис. рослин/га, для гібридів ЛГ3258 та Адевей – 60 тис. рослин/га, для ЛГ30360 та ЛГ3350 – 45–60 тис. рослин/га та для ЛГ3475 – 45 тис. рослин/га. Зі збільшенням густоти стояння рослин вміст крохмалю зростає (на 0,2–0,6%), тоді як вміст білка знижувався, що пов'язано

з посиленням конкуренції за азотне живлення. Найвищий вихід крохмалю та потенційний вихід біоетанолу забезпечували гібриди Адевей та ЛГ3475, тоді як найнижчі показники стабільно формував гібрид ЛГ2195.

Отже, формування врожайності та якості зерна кукурудзи визначається комплексною взаємодією попередника, системи обробітку ґрунту, строків сівби, густоти стояння рослин і генетичних особливостей гібридів. Для умов Степу найбільш ефективною є технологія, що поєднує розміщення кукурудзи після сої, полицеву оранку, ранній строк сівби та оптимізовану густоту відповідно до біологічних особливостей конкретного гібриду.

Література

1. Андрієнко А. Л., Семеняка І. М., Андрієнко О. О. Вихід крохмалю і біоетанолу з посівів кукурудзи залежно від попередників та основного обробітку ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2025. № 2 (863). С. 31–41. DOI:10.31073/agrovisnyk202502-04.
2. Паламарчук В. Д., Дідур І. М., Колісник О. М., Алексєєв О. О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісо-степу правобережного. Вінниця : Друк. 2020. 536 с.
3. Крамарьов С. М., Пашенко Ю. М., Андрієнко А. Л., Шевченко В. М., Ісаєнков В. В. Продуктивність і якість зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості та їх батьківських форм в залежності від інкрустації насіння, доз, строків та способів внесення добрив в умовах північного Степу України. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2007. №67. С.113–121.
4. Крамарьов С. М., Красєнков С. В., Андрієнко А. Л., Льоринець Ф. А., Коцюбан А. І. Вплив попередників, основного обробітку ґрунту, доз, строків та способів внесення добрив на продуктивність та якість зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Степу України. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип.57. С.134–142.
5. Roodt D., 2022, Multi-omics approach highlights new targets for amino acid composition change in maize kernels, *Plant Physiology*. Vol. 188(1). P. 22–23. DOI: 10.1093/plphys/kiab466
6. Hasan A., Al-Musawi B. Biochemical study of maize (*Zea mays* L.) genotypes through total seed protein by SDS-PAGE. *Journal of Kerbala for Agricultural Sciences*. 2023. Vol. 10(4). P. 119–128. DOI: /10.59658/jkas.v10i4.1300
7. Паламарчук В. Д., Віннік О. В., Коваленко О. А. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування. *Аграрні інновації*. 2021. №5. С. 143–156. DOI: 10.32848/agrar.innov.2021.5.23
8. Бойко П. І., Мартинюк І. В., Цимбал Я. С. Формування принципів сівозміни в агросистемах. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 99(3). С. 5–13. DOI: 10.31073/agrovisnyk202103-01
9. Калетнік Г. М., Паламарчук В. Д., Гончарук І. В., Ємчик Т. В., Телекало Н. В. Перспективи використання кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ФОП Кушнір Ю.В., 2021, 260 с.

10. Поляков В. І. Особливості формування якісних показників зерна кукурудзи залежно від комплексу елементів технології вирощування. *Агробіологія*. 2020. №2. С. 132–138. DOI:10.33245/2310-9270-2020-161-2-132138

11. Camacho L. M., de Vries S., Jørgensen H. Nutritional evaluation of maize proteins and amino acids for poultry. *Animal Feed Science and Technology*. 2019. Vol. 251. 114295. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2019.114295

12. Hassenberg, K., Schnabel, R., Rombke, J. Assessment of maize grain quality for higher nutritional value. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2017. Vol. 97(8). P. 2382–2391. DOI:10.1002/jsfa.8198

13. Zhou B., Sun X., Wang D., Ding Z., Li C., Ma W., Zhao M. Integrated agronomic practice increases maize grain yield and nitrogen use efficiency under various soil fertility conditions. *The Crop Journal*. 2019. Vol. 7(4). P. 527–538. DOI: 10.1016/J.CJ.2018.12.005

14. Liu Z., Zhu K., Dong S., Liu P., Zhao B., Zhang J. Effects of integrated agronomic practices management on root growth and development of summer maize. *European Journal of Agronomy*. 2017. Vol. 84. P. 140–151. DOI: 10.1016/J.EJA.2016.12.006

15. Vanlauwe B., Kihara J., Chivenge P., Pypers P., Coe R., Six J. Agronomic use efficiency of N fertilizer in maize-based systems in sub-Saharan Africa within the context of integrated soil fertility management. *Plant and Soil*. 2011. Vol. 339. P. 35–50. DOI: 10.1007/s11104-010-0462-7

16. Kaplan M., Karaman K., Kardeş Y., Kale H. Phytic acid content and starch properties of maize (*Zea mays* L.): Effects of irrigation process and nitrogen fertilizer. *Food Chemistry*. 2019. Vol. 283. P. 375–380. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.01.029

17. Wang J., Lu D. Starch physicochemical properties of normal maize under different fertilization modes. *Polymers*. 2022. Vol. 15(1). P. 83. DOI: 10.3390/polym15010083

18. Семеняка І. М., Андрієнко А. Л. Продуктивність кукурудзи залежно від систем удобрення та частки сої в сівозмінах короткої ротації. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2010. №10. С. 177–183.

19. Пашченко Ю. М., Борисов В. М., Шишкіна О. Ю. Адаптивні ресурсозберіжні технології вирощування гібридів кукурудзи: [Моногр]. Д.: АРТ-ПРЕС, 2009. 224 с.

20. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М., Пузік Л. М., Попов С. І., Музафаров Н. М., Бухало В. Я., Криштоп Є. А. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. – Кн. 2. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень; Х.: Майдан, 2016. 342 с. <https://repo.btu.kharkov.ua//handle/123456789/33533>

21. Hanhur V., Marenych M., Yermenko L., Shostia A., Puzyr D., Kyrlytsia A. The influence of the methods of main tillage on the yield of maize hybrids in the conditions of the Left Bank Forest Steppe. *Scientific Progress & Innovations*, 2023. Vol. 26(4). P. 19–23. DOI: 10.31210/spi2023.26.04.04

22. You D., Tian P., Sui P. Short-term effects of tillage and residue on spring maize yield through regulating root-shoot ratio in Northeast China. *Sci Rep*. 2017. Vol. 7 13314). DOI: 10.1038/s41598-017-13624-5

23. Sleiderink J., Deru J. G. C., van der Weide R., van Eekeren N. Effects of reduced tillage and prolonged cover cropping in maize on soil quality and yield. *Soil and Tillage Research*. 2024. Vol. 244. Article 106196. DOI: 10.1016/j.still.2024.106196.

24. Тоцький В. М., Леню О. І. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від системи удобрення та основного обробітку ґрунту. *Селекція і насінництво*. 2020. Вип. 117. С. 199–205 DOI: 10.30835/2413-7510.2020.207173

25. Govaerts, B., Sayre, K. D., & Deckers, J. A minimum data set for soil quality assessment of no-till: Structural and biological indicators. *Soil & Tillage Research*. 2007. Vol. 96(1–2). P. 226–235. DOI: 10.1016/j.still.2007.08.003

26. Zahedi, S. M., Moghaddam, M. R., & Sharifi-Tehrani, A. Effects of tillage levels on soil physical properties and maize yield in a semi-arid climate. *Soil & Tillage Research*. 2018. Vol. 176. P. 61–68. DOI: 10.1016/j.still.2017.08.008

27. Hatfield J. L., Prueger J. H. Role of nitrogen fertilization in crop production and quality: Maize as a case study. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2015. Vol. 178(2). P. 177–188. DOI: 10.1002/jpln.201400350

28. Yue, K., Li, L., Xie, J., Liu, Y., Xie, J., Anwar S., Fudjoe S.K. Nitrogen supply affects yield and grain filling of maize by regulating starch metabolizing enzyme activities and endogenous hormone contents. *Front. Plant Sci*. 2022. 12:798119. DOI: 10.3389/fpls.2021.798119

References

1. Andriienko, A. L., Semeniaka, I. M., & Andriienko, O. O. (2025). Vykhid krokhmalu i bioetanolu z posiviv kukurudzy zalezno vid poperednykh ta osnovnoho obrobittku gruntu [Exit of starch and bioethanol from corn crops depend.]. *Visnyk ahraranoi nauky*, 2(863), 31–41. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202502-04> (in Ukrainian).

2. Palamarchuk, V. D., Didur, I. M., Kolisnyk, O. M., Aleksyeyev, O. O. (2020) Aspekty suchasnoyi tekhnolohiyi vyroshchuvannya vysokokrokhmalnoi kukurudzy v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho [Aspects of modern technology for growing high-starch maize in the Right-Bank Forest-Steppe]. Vynnytsya: Druk (in Ukrainian).

3. Kramarov, S. M., Pashchenko, Yu. M., Andriyenko, A. L., Shevchenko, V. M., Isayenkov, V. V. (2007) Produktivnist i yakist zerna hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti ta yikh batkivskykh form v zalezhnosti vid inkrustatsiyi nasinnya, doz, strokiv ta sposobiv vnesennya dobryv v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrayiny [Yield and grain quality of corn hybrids of different maturity groups and their parental forms depending on seed incrustation, doses, timing, and methods of fertilizer application in the northern steppe of Ukraine]. *Ahrokhimiya i Gruntoznavstvo*, 67, 113–121 (in Ukrainian).

4. Kramarov, S. M., Krasnyenkov, S. V., Andriyenko, A. L., Lorynets, F. A., Kotsyuban, A. I. (2006) Vplyv poperednykiv, osnovnoho obrobitku gruntu, doz, strokiv ta sposobiv vnesennya dobriv na produktyvnist ta yakist zerna hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti v umovakh Stepu Ukrainy [The influence of predecessors, basic soil cultivation, doses, timing, and methods of fertilizer application on the productivity and grain quality of corn hybrids of different maturity groups in the conditions of the Ukrainian Steppe]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 57, 134–142.
5. Roodt, D., (2022) Multi-omics approach highlights new targets for amino acid composition change in maize kernels, *Plant Physiology*, 188(1), 22–23. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiab466>
6. Hasan, A., Al-Musawi, B. (2023) Biochemical study of maize (*Zea mays* L.) genotypes through total seed protein by SDS-PAGE. *Journal of Kerbala for Agricultural Sciences*, 10(4), 119–128. <https://doi.org/10.59658/jkas.v10i4.1300>
7. Palamarchuk, V. D., Vinnik, O. V., Kovalenko, O. A. (2021) Vmist krokhmalu u zerni kukurudzy ta vykhid bioetanolu zalezno vid umov vechetatsiyi ta faktoriv tekhnolohiyi vyroshchuvannya [Starch content in corn grain and bioethanol yield depending on vegetation conditions and factors of cultivation technology]. *Ahrarni innovatsiyi*, 5, 143–156. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2021.5.23> (in Ukrainian).
8. Boyko, P. I., Martynyuk, I. V., Tsybal, Ya. S. (2021) Formuvannya pryntsyviv sivozminy v ahro-systemakh [Establishment of crop rotation principles in farming systems]. *Visnyk ahraranoi nauky*, (99(3), 5–13. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202103-01> (in Ukrainian).
9. Kaletnik, H. M., Palamarchuk, V. D., Honcharuk, I. V., Yemchuk, T. V., Telekalo, N. V. (2021) Perspektyvy vykorystannya kukurudzy dlya enerhoefektyvnoho ta ekolohobezpechnoho rozvytku sil'skykh terytoriy [Prospects for maize use for energy-efficient and environmentally safe rural development]: monohrafiya. Vinnytsya: FOP Kushnir Yu. V. (in Ukrainian).
10. Polyakov, V. I. (2020) Osoblyvosti formuvannya yakisnykh pokaznykiv zerna kukurudzy zalezno vid kompleksu elementiv tekhnolohiyi vyroshchuvannya [Features of maize grain quality formation depending on cultivation technology elements]. *Ahrobiolohiya*, 2, 132–138. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2020-161-2-132138> (in Ukrainian).
11. Camacho, L. M., de Vries, S., Jørgensen, H. (2019) Nutritional evaluation of maize proteins and amino acids for poultry. *Animal Feed Science and Technology*, 251, 114295. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114295>
12. Hassenberg, K., Schnabel, R., Rombke, J. (2017) Assessment of maize grain quality for higher nutritional value. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), 2382–2391. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8198>
13. Zhou, B., Sun, X., Wang, D., Ding, Z., Li, C., Ma, W., Zhao, M. (2019) Integrated agronomic practice increases maize grain yield and nitrogen use efficiency under various soil fertility conditions. *The Crop Journal*, 7(4), 527–538. <https://doi.org/10.1016/J.CJ.2018.12.005>
14. Liu, Z., Zhu, K., Dong, S., Liu, P., Zhao, B., Zhang, J. (2017) Effects of integrated agronomic practices management on root growth and development of summer maize. *European Journal of Agronomy*, 84, 140–151. <https://doi.org/10.1016/J.EJA.2016.12.006>.
15. Vanlauwe, B., Kihara, J., Chivenge, P., Pypers, P., Coe, R., Six, J. (2011) Agronomic use efficiency of N fertilizer in maize-based systems in sub-Saharan Africa within the context of integrated soil fertility management. *Plant and Soil*, 339, 35–50. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0462-7>
16. Kaplan, M., Karaman, K., Kardeş, Y., Kale, H. (2019) Phytic acid content and starch properties of maize (*Zea mays* L.): Effects of irrigation process and nitrogen fertilizer. *Food Chemistry*, 283, 375–380. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.029>
17. Wang, J., Lu, D. (2022) Starch physicochemical properties of normal maize under different fertilization modes. *Polymers*, 15(1), 83. <https://doi.org/10.3390/polym15010083>
18. Semeniaka, I. M., Andriienko, A. L. (2010). Produktyvnist kukurudzy zalezno vid system udobrennya ta chastky soyi v sivozminakh korotkoyi rotatsiyi [Corn productivity depending on fertilization systems and the proportion of soybeans in short rotation rotations]. *Byuletyn Instytutu zernovoho hospodarstva UAAN*, 10, 177–183 (in Ukrainian).
19. Pashchenko, Yu. M., Borysov, V. M., & Shyshkina, O. Yu. (2009). Adaptivni i resursozberezhni tekhnolohiyi vyroshchuvannya hibrydiv kukurudzy [Adaptive and resource-saving technologies for growing corn hybrids]. Dnipro: ART-PRES (in Ukrainian).
20. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M., Puzik, L. M., Popov, S. I., Muzafarov, N. M., Bukhalo, V. Ya., et al. (2016) Doslidna sprava v ahronomiyi [Research work in agronomy]: navch. Posibnyk: u 2 kn. – Kn. 2. Statystychna obrobka rezultativ ahronomichnykh doslidzen; Kh.: Maydan, Available at: <https://repo.btu.kharkov.ua//handle/123456789/33533> (in Ukrainian).
21. Hanhur, V., Marenych, M., Yeremko, L., Shostia, A., Puzyr, D., Kyrlytsia, A. (2023). The influence of the methods of main tillage on the yield of maize hybrids in the conditions of the Left Bank Forest Steppe. *Scientific Progress & Innovations*, 26(4), 19–23. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.04>
22. You, D., Tian, P., Sui, P. Short-term effects of tillage and residue on spring maize yield through regulating root-shoot ratio in Northeast China. *Sci Rep*. 2017. Vol. 7 13314). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13624-5>
23. Sleiderink, J., Deru, J. G. C., van der Weide, R., van Eekeren, N. Effects of reduced tillage and prolonged cover cropping in maize on soil quality and yield. *Soil and Tillage Research*. 2024. Vol. 244. Article 106196. <https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106196>.
24. Tot'skyi, V. M., Len, O. I. (2020) Produktyvnist hibrydiv kukurudzy zalezno vid systemy udobrennya ta osnovnoho obrobitku Gruntu [The productivity of corn hybrids depending on the fertilization system and basic soil cultivation]. *Selektsiya i nasinytstvo*, 117, 199–205 <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2020.207173>

25. Govaerts, B., Sayre, K. D., & Deckers, J. A minimum data set for soil quality assessment of no-till: Structural and biological indicators. *Soil & Tillage Research*. 2007. Vol. 96(1–2). P. 226–235. <https://doi.org/10.1016/j.still.2007.08.003>

26. Zahedi, S. M., Moghaddam, M. R., & Sharifi-Tehrani, A. Effects of tillage levels on soil physical properties and maize yield in a semi-arid climate. *Soil & Tillage Research*. 2018. Vol. 176. P. 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.08.008>

27. Hatfield, J. L., Prueger, J. H. Role of nitrogen fertilization in crop production and quality: Maize as a case study. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2015. Vol. 178(2). P. 177–188. <https://doi.org/10.1002/jpln.201400350>

28. Yue, K, Li, L, Xie, J, Liu, Y, Xie, J, Anwar S and Fudjoe SK (2022) Nitrogen Supply Affects Yield and Grain Filling of Maize by Regulating Starch Metabolizing Enzyme Activities and Endogenous Hormone Contents. *Front. Plant Sci.* 12:798119. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.798119>

Дата першого надходження статті до видання: 27.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 27.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 26.05.2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії
відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 633.15:581.9] : 57. 045

DOI <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2026-1-17-22>



М. І. Бомба

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри технологій у рослинництві,
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С.З. Гжицького
(м. Львів, Україна)
E-mail: margo.100858@gmail.com
orcid.org/0000-0001-7753-4885



О. Ф. Литвин

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри технологій у рослинництві,
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С.З. Гжицького (м. Львів, Україна)
E-mail: lytvyn.olha@gmail.com
orcid.org/0000-0003-3966-9222



М. Я. Бомба

доктор сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри готельно-ресторанної справи та харчових технологій,
Львівський національний університет імені Івана Франка (м. Львів, Україна)
E-mail: mirbomba55@gmail.com
orcid.org/0000-0001-7865-2111

ГРУПА СТИГЛОСТІ ТА ГУСТОТА КУКУРУДЗЯНОГО ФІТОЦЕНОЗУ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

Підвищенню та стабілізації врожаїв зерна кукурудзи, зміцненню зернофуражного та продовольчого балансу України сприяє впровадження у виробництво нових гібридів і засобів їх вирощування та встановлення для них оптимальної густоти стеблостою, а саме: адаптація гібридів до специфіки погодних і виробничих умов, недотримання гібридного складу та технології їх вирощування стримує одержання стабільних і високих урожаїв зерна кукурудзи у виробництві. Проблемою, що постає перед аграрним виробництвом при вирощуванні зернової кукурудзи, є встановлення диференційованої густоти сучасних гібридів у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах задля реалізації їх генетичного потенціалу продуктивності.

Сучасні гібриди кукурудзи істотно різняться між собою за комплексом біоморфологічних і господарсько-цінних ознак; характеризуються різною реакцією на екологічні чинники, агротехнічні умови; мають різний ступінь адаптації та стійкості до біотичних і абіотичних чинників середовища. Тому дуже важливо встановити закономірності формування структури агроценозів сучасних гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин.

Упродовж 2022-2024 рр. ми проводили дослідження в умовах Холодного Поділля Західного Лісостепу Тернопільської області щодо реакції гібридів кукурудзи різних груп стиглості на густоту стояння рослин. Результати досліджень свідчать, що зменшення площі живлення рослин за рахунок збільшення густоти стеблостою від 60 до 90 тис./га призводить до зниження індивідуальної продуктивності рослин, незначного зниження маси 1000 зерен та підвищення вологості зерна в період збирання врожаю.

Не зважаючи на зниження показників структури врожаю зерна кукурудзи в загущеному агрофітоценозі, ранньостиглий гібрид Анові КС (ФАО 220) забезпечив максимальну реалізацію генетичного потенціалу за густоти посіву 80 і 90 тис./га, відповідно 11,24 і 11,15 т/га. Середньоранній гібрид Датабаз (ФАО 280) максимальну врожайність забезпечив за густоти стеблостою 70 і 80 тис./га – 11,92 та 11,77 т/га. Середньостиглий гібрид UNI 3511 (ФАО 340) в середньому за три роки забезпечив найвищу врожайність – на рівні 12,83 і 12,81 т/га – за густоти посіву 60 і 70 тис./га.

Ключові слова: Західний Лісостеп, кукурудза, гібрид, група стиглості, густота посіву, вологість та врожайність зерна.

M. I. Bomba

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Plant Growing Technologies,
Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S.Z. Gzhytsky (Lviv, Ukraine)
E-mail: margo_100858@gmail.com
orcid.org/0000-0001-7753-4885

O. F. Lytvyn

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Plant Growing Technologies,
Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S.Z. Gzhytsky (Lviv, Ukraine)
E-mail: lytvyn.olha@gmail.com
orcid.org/0000-0003-3966-9222

M. Ya. Bomba

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Professor at the Department of Hotel and Restaurant Business and Food Technologies,
Ivan Franko National University of Lviv (Lviv, Ukraine)
E-mail: mirbomba55@gmail.com
orcid.org/0000-0001-7865-2111

MATURITY GROUP AND DENSITY OF CORN PHYTOCENOSY UNDER CLIMATE CHANGE

The problem facing agricultural production when growing grain corn is establishing a differentiated density of modern hybrids in specific soil and climatic conditions in order to realize their genetic potential for productivity.

Modern corn hybrids differ significantly from each other in a complex of biomorphological and economically valuable traits; are characterized by different reactions to environmental factors, agrotechnical conditions; have different degrees of adaptation and resistance to biotic and abiotic environmental factors. Therefore, it is very important to establish the regularities of the formation of the structure of agrocenoses of modern corn hybrids depending on the density of plant stands.

During 2022–2024, we conducted research in the conditions of Kholodny Podillia of the Western Forest-Steppe of the Ternopil region on the reaction of corn hybrids of different maturity groups to plant density. The results of the research show that reducing the area of plant nutrition due to increasing the stem density from 60 to 90 thousand/ha leads to a decrease in individual plant productivity, a slight decrease in the mass of 1000 grains and an increase in grain moisture during the harvest period.

Despite the decrease in the structure of corn grain yield in the thickened agrophytocenosis, the early-ripening hybrid Anovy KS (FAO 220) ensured the maximum realization of genetic potential at a sowing density of 80 and 90 thousand/ha, respectively 11.24 and 11.15 t/ha. The mid-early hybrid Databaz (FAO 280) ensured the maximum yield at a stem density of 70 and 80 thousand/ha – 11.92 and 11.77 t/ha. The mid-ripening hybrid UNI 3511 (FAO 340) on average over three years ensured the highest yield – at the level of 12.83 and 12.81 t/ha – at a sowing density of 60 and 70 thousand/ha.

Key words: Western Forest-Steppe, corn hybrid, maturity group, sowing density, moisture and grain yield.

Постановка проблеми. Кукурудза – важлива сільськогосподарська культура як в Україні, так і світовому землеробстві. Завдяки універсальному використанню вона вперто утримує провідні позиції на світовому ринку зерна. Валове виробництво кукурудзи перевищує такі важливі культури як рис та пшеницю. В багатьох країнах Африки та Південної Америки кукурудза залишається важливим продуктом харчування. Зерно є цінним кормом для тваринництва й птиці. Останні два десятиліття площі посіву кукурудзи істотно зросли, адже зерно стало важливою сировиною для виробництва біоетанолу. Крім того, країни Західної Європи нарощують площі посіву кукурудзи на зелену масу з метою одержання біогазу з силосної маси.

Україна є одним із провідних виробників кукурудзи, зберігаючи свою позицію на світовому ринку. Валовий збір кукурудзи за 2025 рік становить 27,8 млн т, площа посіву – близько на 4 млн га, урожайність – 7,13 т/га.

Підвищенню та стабілізації врожаїв зерна кукурудзи, зміцненню зернофуражного та продовольчого балансу України сприяє впровадження у виробництво нових гібридів, адже останні і надалі залишаються одним із важливих резервів формування високої продуктивності агрофітоценозу. Частка впливу їх у формуванні зернової продуктивності становить 50% [7]. За даними

Національного інституту агроботаніки у Великобританії збільшення приросту врожайності за рахунок гібридів за три десятиріччя відповідно сягає: за перше – 38%, друге – 42%, третє – 60% [12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Висока адаптація гібридів до специфіки погодних умов і технологічних чинників є запорукою формування високопродуктивного фітоценозу кукурудзи. І, навпаки, недотримання рекомендованого гібридного складу та технології їх вирощування в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах не тільки стримує одержання стабільних і високих урожаїв зерна кукурудзи, але й призводить до значного зниження валового виробництва зерна [6, 8].

Густота стояння рослин – один із основних чинників, що істотно впливає на урожайність кукурудзи [2, 3]. Залежно від густоти змінюється конкуренція між елементами агрофітоценозу за основні чинники життя: освітленість, кореневе живлення, вологозабезпеченість, тепловий режим ґрунту і приземного шару повітря тощо. Від цього залежить інтенсивність росту рослин, час настання і тривалість окремих фаз розвитку, що відображається на продуктивності асиміляційних процесів та рівні врожайності [13, 9, 11].

Гібриди кукурудзи по-різному проявляють свій генетичний потенціал залежно від площі живлення рослин. На ефективне культивування

гібридів кукурудзи різних груп стиглості значний вплив має їх генотипна реакція на густоту рослин. Варіювання щільності рослин на одиниці площі істотно впливає на урожайність зерна [1].

Мета статті. У 80-тих роках минулого століття кукурудзосіючий пояс України поширився в зону Лісостепу Західного і Полісся завдяки впровадженню у виробництво ранньостиглих гібридів. Останні понад 30 років утримували першість щодо площі посіву в умовах західного регіону. За рахунок достатньої кількості опадів за період вегетації в цьому регіоні ранньостиглі гібриди вирощували за густоти посіву перед збиранням урожаю 80-90 тис./га. Така густина кукурудзяного фітоценозу гарантувала урожайність понад 120 ц/га.

Глобальні зміни клімату, які ми спостерігаємо, дозволили розширити асортимент гібридів щодо групи стиглості. Все частіше площі посіву в зоні Лісостепу Західного займають гібриди, що належать до середньоранніх. Останні роки є непогані результати вирощування навіть середньостиглих гібридів. Бажання аграріїв вирощувати гібриди з довшим періодом вегетації (FAO 330-340) зрозуміле, адже врожайність гібридів кукурудзи знаходиться в прямій залежності від групи стиглості: чим більш пізньостиглий гібрид, тим вищий його генетичний потенціал.

Проте, зміни клімату в цьому регіоні характеризуються не лише підвищенням суми активних температур, але й змінами в розподілі опадів. Загальна річна кількість опадів може істотно не змінюватись, але їх кількість та розподіл за період вегетації в окремі роки бажають бути більш сприятливими. Дуже часто опади відсутні тривалий час, а потім можуть пройти у вигляді злив (30-50 мм). Це дозволяє констатувати, що західний регіон України із зони достатнього зволоження повільно переходить в зону нестійкого забезпечення сільськогосподарських культур вологою. Тому, залежно від прогнозу погоди, слід диференційовано підходити до густоти

кукурудзяного фітоценозу не тільки залежно від групи стиглості, але й для конкретного гібриду.

Методика дослідження. З цього огляду програмою наших досліджень передбачалось вивчити оптимальну передзбиральну густоту стеблостою (60, 70, 80 і 90 тис./га) для ранньостиглого гібриду Анові КС (Lidea, FAO 220), середньораннього гібриду Датабаз (SOUFFLET, FAO 280) та середньостиглого гібриду UNI 3511/EXPH003 (UNIVERSEED, FAO 340). Останній має високу енергію початкового росту, характеризується дуже раннім цвітінням, швидкокою вологовіддачею та стійкістю до холодів, що дозволяє одержати гарантований урожай зерна в умовах Холодного Поділля Тернопільщини [5].

Дослідження проводилися упродовж 2022–2024 рр. у ТОВ «Агро-Ланка 2» Скориківської територіальної громади Тернопільської області. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем малогумусний легкосуглинковий. Вміст гумусу в орному шарі становив 4,4–5,0%. Забезпеченість рухомими сполуками фосфору – 121–131 мг/кг, обмінного калію – 167–178 мг/кг; рН сольової витяжки – 6,8–7,2.

Дослід закладали у трьох повтореннях методом розщеплених ділянок. Загальна площа ділянки першого порядку – 210 м², другого порядку – 70 м². Польові і лабораторні дослідження проводили згідно з існуючими методиками [10]. Статистичний аналіз урожайності проводився з використанням дисперсійного методу з допомогою комп'ютерної програми Statistika 7.

Попередник – озима пшениця. Незадовго до сівби по стерні вносили 250 л/га карбамідно-аміачної суміші – КАС-32. Сіяли кукурудзу за технологією No-till сівалкою Semeato SSM-27 в агрегаті з трактором John Deere 692s. Глибина загортання насіння 4-5 см. Одночасно із сівбою на всіх варіантах дослідів вносили 1 ц/га діамфоски (N₁₀P₂₆K₂₆) на глибину 7-8 см, тобто на 3-4 см глибше від розміщення насіння.

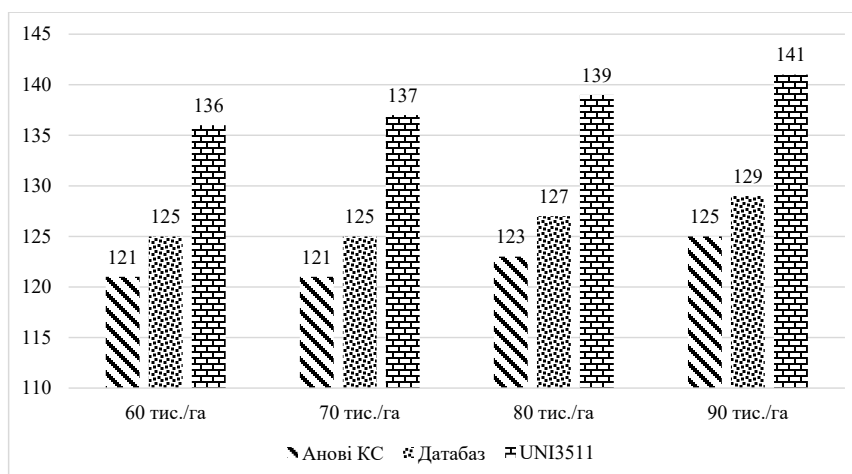


Рис. 1. Тривалість вегетаційного періоду гібридів кукурудзи, діб (середнє за 2022–2024 рр.)

Для регулювання чисельності бур'янів після сівби до появи сходів кукурудзи посіви обприскували баковою сумішшю гербіцидів: Харнес (ацетохлор – 900 г/л) – 2,0 л/га + Гліфосат – 2,0 л/га. У фазі 5-8 листків у кукурудзи посіви обприскували баковою сумішшю страхових гербіцидів: Міладар Дуо (мезотріон – 100 г/л + нікосульфурон – 45 г/л) – 1,3 л/га + Агент (флорасулам – 6,25 г/л, 2-етилгексилловий ефір 2,4-Д – 452 г/л, у кислотному еквіваленті 300 г/л) – 0,5 л/га.

Основні результати дослідження.

Чисельні дослідження свідчать, що густина фітоценозу практично не впливає або ж характеризується помірним впливом на тривалість окремих міжфазних періодів росту й розвитку рослин кукурудзи. Більший вплив мали біологічні особливості гібриду (генотип), а також погодні умови за період вегетації культури [4, 6].

Нами також встановлено, що тривалість вегетаційного періоду певною мірою залежала від густоти фітоценозу (різниця 4-5 діб), а також більшою мірою – від приналежності гібриду до певної групи стиглості. Так, дата повної стиглості зерна залежно від густоти посіву наступила після появи сходів у ранньостиглого гібриду Анові КС через 121-125 діб, у середньораннього гібриду Датабаз – 125-129 діб і середньостиглого гібриду UNI 3511 – 136-141 добу (рис.).

В усіх трьох досліджуваних гібридів збільшення густоти фітоценозу від 60 до 90 тис./га сприяло збільшенню висоти рослини на 12-18 см та висоти прикріплення продуктивного качана на 4-8 см. Діаметр рослин, навпаки, знижувався.

Максимальна площа фотосинтетичного апарату листків формувалась у фазі повного цвітіння волоті і становила в ранньостиглого гібриду Анові КС 47,74 тис. м²/га на варіанті густоти посіву 90 тис./га. У середньораннього гібриду Датабаз – 49,87 тис. м²/га за густоти посіву 80 тис./га, а в середньостиглого гібриду UNI 3511 –

51,52 тис. м²/га за густоти фітоценозу 70 тис. рослин на 1 га. Найбільш потужні рослини формувались у гібридів Анові КС, Датабаз та UNI 3511 за мінімальної густоти посіву. Маса рослини становила відповідно 868, 943 та 1120 г. За цієї густоти посіву спостерігалась і найвища питома частка качанів у зеленій масі, зібраній у фазі воскової стиглості зерна, і становила 40,3; 45,6 та 49,2% відповідно в гібридів Анові КС, Датабаз та UNI 3511.

Наведені в таблиці дані свідчать, що для всіх трьох досліджуваних гібридів характерним є зниження індивідуальної продуктивності рослин в міру загущення фітоценозу. Проте сумарна продуктивність гібридів змінювалась по-різному. Зокрема, у ранньостиглого гібриду Анові КС в середньому за три роки зниження маси зерна з рослини відбувалось меншою мірою, ніж збільшення густоти посіву. Максимальна реалізація генетичного потенціалу цього гібриду спостерігалася за густоти посіву 80 тис./га – 11,24 т/га. На варіанті максимальної густоти фітоценозу спостерігалась тенденція до незначного зниження врожайності, проте різниця була неістотною.

Середньоранній гібрид Датабаз найвищу врожайність зерна формував на варіанті з густиною посіву 70 тис./га – 11,92 т/га. Дальше зменшення площі живлення рослин кукурудзи призводило спочатку до незначного, а далі й до істотного зниження не тільки індивідуальної продуктивності рослин, але й сумарної врожайності з одиниці площі.

Середньостиглий гібрид UNI 3511, як і очікувалось, формував істотно вищу врожайність зерна порівняно з гібридами Датабаз і Анові КС. За густоти фітоценозу 60 і 70 тис./га врожайність була практично однаковою і становила відповідно 12,83 та 12,81 т/га. Дальше збільшення кількості рослин на одиниці площі призвело до істотного зниження врожайності (табл. 1).

Таблиця 1

Формування врожайності гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин (середнє за 2022–2024 рр).

Гібрид	Густина стеблостою, тис./га	Індивідуальна продуктивність, г/рослини	Маса 1000 зерен, г	Вологість зерна, %	Урожайність, т/га
Анові КС (ФАО 220)	60	178	274	19,0	10,32
	70	160	274	19,0	10,82
	80	146	270	19,5	11,24
	90	132	265	19,6	11,15
Датабаз (ФАО 280)	60	195	305	19,4	11,34
	70	177	300	19,5	11,92
	80	154	295	20,0	11,77
	90	130	280	20,0	11,02
UNI 3511 (ФАО 340)	60	219	270	21,6	12,83
	70	190	266	21,8	12,81
	80	155	267	22,0	11,92
	90	128	250	22,2	11,02
HIP ₀₅ , ц/га: від гібриду 2,8-3,6 від густоти посіву 2,0-2,6					

Середньоранній гібрид Датабаз найвищу врожайність зерна формував на варіанті з густотою посіву 70 тис./га – 11,92 т/га. Дальше зменшення площі живлення рослин кукурудзи призводило спочатку до незначного, а далі й до істотного зниження не тільки індивідуальної продуктивності рослин, але й сумарної врожайності з одиниці площі.

Середньостиглий гібрид UNI 3511, як і очікувалось, формував істотно вищу врожайність зерна порівняно з гібридами Датабаз і Анові КС. За густоти фітоценозу 60 і 70 тис./га врожайність була практично однаковою і становила відповідно 12,83 та 12,81 т/га. Дальше збільшення кількості рослин на одиниці площі призвело до істотного зниження врожайності.

Маса 1000 зерен кукурудзи є сортовою ознакою, але ми спостерігали також тенденцію до зниження цього показника в міру збільшення густоти стеблостою, особливо на варіанті 90 тис./га. Важливим показником при вирощуванні зерна кукурудзи є його вологість під час збирання врожаю. За три роки досліджень ми спостерігали у всіх досліджуваних гібридів підвищення вологості зерна в межах 0,5-0,6% на варіантах густоти посіву 80 і 90 тис./га. Середньостиглий гібрид UNI 3511 характеризувався вищою вологістю зерна порівняно з гібридами Анові КС та Датабаз.

Висновки. Задля раціонального використання зернозбиральної техніки і транспортних засобів в умовах Західного Лісостепу доцільно сіяти гібриди різних груп стиглості (ФАО 220-240, 280-290, 300-330). Оптимальна густина фітоценозу перед збиранням урожаю ранньостиглих гібридів типу Анові КС – 80-90, середньоранніх гібридів типу Датабаз – 70-80 і середньостиглих гібридів типу UNI 3511 – 60-70 тис./га залежно від прогнозу щодо кількості опадів за вегетаційний період.

Література

1. Білявська Л.Г., Ванжула Д.В. Урожайність гібридів (*Zea mays* L.) різних ФАО та груп стиглості в умовах Лівобережного Лісостепу України залежно від норми висіву та вологості зерна. *Аграрні інновації. Меліорація, землеробство, рослинництво*. 2024. № 27 С.13-22. DOI <https://doi.org/10.32848/agr.innov.2024.27.2>

2. Бомба М., Дудар І., Литвин О., Тучапський О., Костюк О. Густина посіву як вирішальний чинник формування врожаю зерна кукурудзи. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. Серія: Агронімія. 2014. № 18. С. 170–173. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau_act_2014_18_33.

3. Бомба М., Литвин О., Мазурак І., Андрушко М., Бомба М. Урожайність гібридів кукурудзи залежно від густоти агрофітоценозу. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Агронімія*. 2025. 29. С. 86-90. Doi: <https://doi.org/10.31734/agronomy.2025.29.086>

4. Гетман Н.Я. Формування врожаю кукурудзи залежно від густоти стояння рослин за мінерального фону живлення. *Сільське господарство та*

лісівництво. 2024. № 2 (33). С. 42-54. DOI:10.37128/2707-5826-2024-2-5

5. Гібрид кукурудзи UNI3511/EXPH003 від UNIVERSEED. Режим доступу: <https://superagronom.com/nasinnya-zernovi-kukurudza/exph-003-id18017>.

6. Куценко О. М., Ляшенко В. В., Кеда Л. Ю. Ріст, розвиток та формування продуктивності рослин гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (4). С. 29–35. DOI:10.31210/spi2023.26.04.06

7. Молдован Ж. А., Собчук С. І. Вплив строків сівби, густоти рослин та абіотичних факторів на формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Лісостепу Західного. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2016. № 11. С. 31–38.

8. Поліщук М. І. Хавхун А. А. Шляхи підвищення врожайності гібридів кукурудзи в умовах потепління клімату. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. Випуск 2. № 39. С. 54-59. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-2>.

9. Радченко М., Нестеренко А. Вплив норми висіву кукурудзи на врожайність зерна. *Збірник наукових праць «ЛОГОС»*, (14 жовтня 2022 р.; Оксфорд, Великобританія). С. 50–51. Режим доступу: <https://doi.org/10.36074/logos-14.10.2022.14>.

10. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М., Пузік Л. М., Попов С. І., Музафаров Н. М., Бухало В. Я., Криштоп Є. А. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи; за ред. А.О. Рожкова. Х.: Майдан, 2016. 316 с.

11. Скорик В.В., Приходько В.О. Вплив норми висіву насіння кукурудзи на реалізацію генетичного потенціалу гібридів в умовах зрошення Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 142. Частина 2. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.2.13>

12. Цехмейструк М. Г., Музафаров Н. М., Манько К. М. Аспекти вирощування кукурудзи. *Агробізнес сьогодні. Агронімія сьогодні*. 20 травня 2014 р.

13. Hryhoriv Y., Nechyporenko V., Butenko A. Et. all. Economic efficiency of sweet corn growing with nutrition optimization. *Agraarteadus*. 2022. Vol. 33, Iss.1, 81–87. doi:10.15159/jas.22.07.

References

1. Biliavska, L.H., & Vanzhula, D.V. (2024). Urozhainist hibrydiv (*Zea mays* L.) riznykh FAO ta hrup styhlosti v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy zalezno vid normy vysivu ta volohosti zerna. [Yield of hybrids (*Zea mays* L.) of different FAO and maturity groups in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine depending on the seeding rate and grain moisture content]. *Ahrarni innovatsii. Melioratsiia, zemlerobstvo, roslynytstvo*. 27. S.13-22. DOI <https://doi.org/10.32848/agr.innov.2024.27.2> [in Ukrainian].

2. Bomba, M., Dudar, I., Lytvyn, O. Tuchapskyi, O., & Kostyuk, O. (2014). Hustota posivu yak vyrishalnyi chynnyk formuvannia vrozhaiu zerna kukurudzy. [Sowing density as a decisive factor in the formation of corn grain yield]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho*

universytetu. Serii: Ahronomiia. 18. S. 170–173. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau_act_2014_18_33. [in Ukrainian].

3. Bomba, M., Lytvyn, O., Mazurak, I., Andrushko, M., & Bomba, M. (2025). Urozhainist hibrydiv kukurudzy zalezno vid hustoty ahrofitotsenozu. [Yield of corn hybrids depending on the density of agrophytocoenosis]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu pryrodokorystuvannia. Ahronomiia*. 29. S. 86–90. Doi: <https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.086>. [in Ukrainian].

4. Hetman N.Ia. (2024). Formuvannia vrozhaiv kukurudzy zalezno vid hustoty stoiannia roslyn za mineralnoho fonu zhyvlennia. [Formation of corn yield depending on the density of plant stand under mineral nutrient background]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2 (33). S. 42–54. DOI:10.37128/2707-5826-2024-2-5. [in Ukrainian].

5. Hibryd kukurudzy UNI3511/EXPH003 vid UNIVERSEED. [Corn hybrid UNI3511/EXPH003 from UNIVERSEED]. Rezhym dostupu: <https://superagronom.com/nasinnya-zernovi-kukurudza/exph-003-id18017>. [in Ukrainian].

6. Kutsenko, O. M., Liashenko, V. V., & Keda, L. Yu. (2023). Rist, rozvytok ta formuvannia produktyvnosti roslyn hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti zalezno vid hustoty stoiannia. [Growth, development and formation of productivity of corn hybrids of different maturity groups depending on the density of the stand]. *Scientific Progress & Innovations*. 26 (4). S. 29–35. DOI:10.31210/spi2023.26.04.06 [in Ukrainian].

7. Moldovan, Zh. A., & Sobchuk, S. I. (2016). Vplyv strokiv sivyby, hustoty roslyn ta abiotychnykh faktoriv na formuvannia vrozhaivnosti zerna hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti v umovakh Lisostepu Zakhidnoho. [The influence of sowing dates, plant density and abiotic factors on the formation of grain yield of corn hybrids of different maturity groups in the conditions of the Western Forest-Steppe]. *Biuletyn Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy*. 11. S. 31–38. [in Ukrainian].

8. Polishchuk, M. I., & Khavkhun, A. A. (2023). Shliakhy pidvyshchennia vrozhaivnosti hibrydiv kukurudzy v umovakh poteplinnia klimatu. [Ways to increase the yield of corn hybrids in conditions of climate warming]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*. Vypusk 2. 39. S. 54–59. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-2>. [in Ukrainian].

9. Radchenko, M., & Nesterenko, A. (2022). Vplyv normy vysivu kukurudzy na vrozhaivnost zerna. [The influence of corn seeding rate on grain yield]. *Zbirnyk naukovykh prats «AOHOΣ»*, (14 zhovtnia 2022 r.; Oksford, Velykobrytaniia). S. 50 – 51. Rezhym dostupu: <https://doi.org/10.36074/logos-14.10.2022.14>. [in Great Britain].

10. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M., Puzik, L. M., Popov, S. I., Muzafarov, N. M., Bukhalo, V. Ya., & Kryshchop, Ye. A. (2016). Doslidna sprava v ahronomii: navch. posibnyk: u 2 kn. Kn. 1. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy; za red. A. O. Rozhkova. [Research work in agronomy: a textbook: in 2 books. Book 1. Theoretical aspects of research work; edited by A. O. Rozhkova]. Kharkiv: Maidan, 316 [in Ukrainian].

11. Skoryk, V.V., & Prykhodko, V.O. (2025). Vplyv normy vysivu nasinnia kukurudzy na realizatsiiu henytychnoho potentsialu hibrydiv v umovakh zroshennia Pivdennoho Stepu Ukrainy. [The influence of corn seed sowing rate on the realization of the genetic potential of hybrids under irrigation conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 142. Chastyna 2. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.2.13>. [in Ukrainian].

12. Tsekhmeistruk, M. H., Muzafarov, N. M., & Manko, K. M. (2014). Aspekty vyroshchuvannia kukurudzy. [Aspects of corn cultivation]. *Ahrobiznes sohodni. Ahronomiia sohodni*. 20 travnia 2014 r. [in Ukrainian].

13. Hryhoriv, Y., Nechyporenko, V., Butenko, A. & Et. all. (2022). Economic efficiency of sweet corn growing with nutrition optimization. *Agraarteadus*. Vol.33, Iss.1, 81–87. doi:10.15159/jas.22.07.

Дата першого надходження статті до видання: 23.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 27.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 26.05.2026



Б. І. Вовк

кандидат педагогічних наук,
доцент кафедри професійної освіти та технологій сільськогосподарського
виробництва,
Глухівський національний педагогічний університет
імені Олександра Довженка (м. Глухів, Україна)
E-mail: bohdan.vovk11@gmail.com
orcid.org/0000-0003-1161-7818

ТЕХНОЛОГІЯ NO-TILL У СУЧАСНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ УКРАЇНИ: ПЕРЕВАГИ, ОБМЕЖЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ

У статті узагальнено сучасні наукові підходи до оцінювання ефективності технології No-till у системі землеробства України і проаналізовано її екологічні, агрофізичні, виробничі та економічні аспекти. Обґрунтовано актуальність мінімізації механічного обробітку ґрунту в умовах поширення деградаційних процесів, зниження вмісту органічної речовини, посилення водної й вітрової ерозії та зростання ресурсних обмежень аграрного виробництва. Показано, що технологія No-till як складова ґрунтозахисного землеробства спрямована на збереження структури ґрунту, підвищення його водоутримувальної здатності, стабілізацію температурного режиму й активізацію біологічних процесів у поверхневому шарі.

На основі аналізу вітчизняних і зарубіжних досліджень встановлено, що система нульового обробітку забезпечує скорочення енерговитрат, зменшення кількості технологічних операцій і витрат пального, сприяє накопиченню органічної речовини та зниженню інтенсивності ерозійних процесів. Водночас виявлено, що її результативність є варіативною та значною мірою залежить від ґрунтово-кліматичних умов, структури сівозміни, рівня агротехнологічного забезпечення й тривалості адаптаційного періоду.

Особливу увагу приділено специфіці впровадження No-till в Україні з урахуванням високої частки чорноземних ґрунтів, різноманітності природно-кліматичних умов і сучасних соціально-економічних викликів. Підкреслено, що ефективність технології визначається не лише відмовою від механічного обробітку, а й комплексністю агротехнологічних рішень, зокрема управлінням рослинними рештками, оптимізацією системи удобрення та захисту рослин, добром адаптованих сортів і гібридів.

Зроблено висновок, що систему No-till доцільно розглядати як складову інтегрованої моделі землеробства, а не універсальну альтернативу традиційній оранці. Перспективи її поширення пов'язані з проведенням тривалих польових досліджень, регіональною адаптацією технології та вдосконаленням науково-консультаційного супроводу агровиробництва.

Ключові слова: No-till, мінімальний обробіток ґрунту, агроекосистема, родючість ґрунтів, урожайність, ресурсозбереження.

B. I. Vovk

PhD in Pedagogy,

Associate Professor at the Department of Vocational Education and Agricultural Production Technologies,
Oleksandr Dovzhenko Hlukhiv National Pedagogical University (Hlukhiv, Ukraine)

E-mail: bohdan.vovk11@gmail.com

orcid.org/0000-0003-1161-7818

NO-TILL TECHNOLOGY IN MODERN UKRAINIAN AGRICULTURE: ADVANTAGES, LIMITATIONS, AND PROSPECTS FOR ADOPTION

The article synthesizes contemporary scientific approaches to assessing the effectiveness of No-till technology within Ukraine's agricultural system and analyzes its environmental, agrophysical, production, and economic aspects. The relevance of minimizing mechanical soil tillage is substantiated in the context of increasing land degradation, declining soil organic matter content, intensification of water and wind erosion, and growing resource constraints in agricultural production. It is shown that No-till technology, as a component of conservation agriculture, aims to preserve soil structure, enhance water-holding capacity, stabilize the thermal regime, and stimulate biological processes in the surface soil layer.

Based on an analysis of domestic and international studies, it is established that the zero-tillage system reduces energy inputs, decreases the number of technological operations and fuel consumption, promotes the accumulation of organic matter, and lowers the intensity of erosion processes. At the same time, its performance is found to be variable and largely dependent on soil and climatic conditions, crop rotation structure, the level of agronomic support, and the duration of the adaptation period. Special attention is given to the specifics of no-till implementation in Ukraine, considering the high proportion of chernozem soils, the diversity of natural and climatic conditions, and current socio-economic challenges. It is emphasized that the effectiveness of the technology is determined not only by the abandonment of mechanical tillage, but also by the integrated nature of agronomic practices, including crop residue management, optimization of fertilization and plant protection systems, and the selection of adapted varieties and hybrids.

It is concluded that No-till should be regarded as an element of an integrated farming model rather than a universal alternative to conventional plowing. Prospects for its wider adoption are associated with long-term field experiments, regional adaptation of the technology, and improvement of scientific and advisory support for agricultural production.

Key words: No-till, minimum tillage, agroecosystem, soil fertility, crop yield, resource conservation.

Постановка проблеми. Тривалий інтенсивний механічний обробіток ґрунту є одним із ключових чинників деградації орних земель, зниження вмісту органічної речовини і посилення ерозійних процесів [1; 2]. Попри тимчасове підвищення врожайності завдяки зростанню норм мінерального живлення й інтенсифікації технологій, такі підходи не забезпечують сталого відновлення родючості ґрунтів і супроводжуються погіршенням їх фізичних та біологічних властивостей.

У відповідь на ці виклики у світовій аграрній практиці поширилась технологія No-till як складова ґрунтозахисного землеробства, спрямована на мінімізацію механічного втручання та збереження природного потенціалу ґрунтів. Водночас результати її застосування залишаються неоднозначними: поряд із позитивним впливом на структуру ґрунту й протиерозійну стійкість фіксуються ризики зниження врожайності окремих культур та підвищення фітосанітарного навантаження, а ефективність системи істотно залежить від ґрунтово-кліматичних умов [2–4].

В Україні впровадження No-till має обмежений і фрагментарний характер та недостатньо адаптоване до місцевих агроекологічних умов [5–7], що зумовлює потребу комплексного оцінювання впливу цієї технології на фізичні властивості ґрунту й продуктивність культур з метою обґрунтування екологічно та економічно доцільних моделей її застосування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Актуальність раціонального використання енергоресурсів, підвищення продуктивності праці та збереження родючості ґрунтів зумовила поширення технологій мінімального та нульового обробітку ґрунту в сучасному землеробстві. Значний внесок у дослідження теоретичних і практичних аспектів застосування систем мінімалізованого обробітку та технології No-till зробили вітчизняні й зарубіжні науковці, зокрема Н. Діденко, В. Камінський, М. Косолап, О. Кротінов, В. Сайко, А. Малієнко, В. Медведєв, О. Циліурік, Н. Власовіч та ін. У їхніх працях показано, що тривале застосування мінімального або нульового обробітку сприяє покращенню агрофізичних властивостей верхнього шару ґрунту, оптимізації водного режиму та зменшенню проявів ерозійних процесів [7–10; 20].

У сучасних умовах значна увага приділяється вибору системи обробітку ґрунту – від традиційного полицевого до безполицевого, поверхневого та повної відмови від механічного впливу в межах технології No-till. Водночас низка аспектів залишається недостатньо теоретично обґрунтованою, зокрема вплив різних систем ґрунтозахисного обробітку на родючість чорноземів і продуктивність польових культур, а також особливості трансформації рослинних решток за різного пошарового їх розміщення [10–13].

Упродовж останніх десяти років проблема впливу технології No-till на функціонування агроєкосистем стала предметом активних міжнародних досліджень. Основні напрями сучасного наукового дискурсу умовно об'єднують у кілька блоків: вплив на вуглецевий баланс ґрунту, зміни його фізичних властивостей, продуктивність культур, біологічну активність, водний режим, адаптацію до кліматичних змін та економічну ефективність агровиробництва [4; 10; 11; 14; 15].

Метою статті є аналіз і узагальнення сучасних наукових підходів до оцінювання системи No-till, систематизація її основних переваг і обмежень та визначення умов доцільного застосування в агроєкосистемах України.

Методика дослідження. Дослідження виконано на основі аналітичного огляду та узагальнення наукових публікацій вітчизняних і зарубіжних авторів, присвячених проблемам нульового обробітку ґрунту. Інформаційну базу становили матеріали фахових видань, монографій і результати польових експериментів, опубліковані у відкритих джерелах.

У роботі застосовано методи порівняльного аналізу, систематизації та логічного узагальнення літературних даних з оцінкою впливу технології No-till на фізичні властивості ґрунту, урожайність культур та ресурсомісткість виробництва. Отримані результати інтерпретовано з урахуванням ґрунтово-кліматичних і соціально-економічних умов України.

Основні результати дослідження.

У сучасних умовах України тенденція до зниження інтенсивності механічного обробітку ґрунту посилюється під впливом як глобальних ресурсозберігаючих трендів, так і внутрішніх соціально-економічних викликів, зокрема пов'язаних із воєнними діями. Обмеженість матеріально-технічних ресурсів, дефіцит трудових кадрів у сільській місцевості та необхідність скорочення технологічних циклів стимулюють агровиробників до оптимізації систем землеробства й упровадження менш енергоємних технологій. За таких умов зростає практичне значення мінімального обробітку ґрунту як інструменту підвищення продуктивності праці та стабілізації виробництва. Крайнім проявом цього напрямку є сівба в попередньо необроблений ґрунт (No-till), що передбачає мінімізацію механічного впливу на орний шар.

Згідно з науковими підходами, систему нульового обробітку ґрунту в сівозмінах позначають терміном «No-till», який у перекладі з англійської буквально означає «не орати» [6, с. 33]. Система землеробства «No-till» трактується як технологія ґрунтозахисного землеробства, що характеризується відмовою від обробітку ґрунту та передбачає пряму сівбу в поживні рештки з використанням сівозміни й покривних культур.

Рослинні залишки формують мульчувальний шар, що сприяє збереженню вологи та зменшує ризик водної й вітрової ерозії, а також пилових бур, що особливо важливо за умов недостатнього зволоження [16, с. 48].

Перехід від інтенсивних систем землеробства, що домінували в країнах із розвиненим рослинництвом наприкінці ХХ століття, до технологій типу No-till був зумовлений негативними наслідками тривалого механічного обробітку ґрунту. Надмірне застосування оранки та культивачів спричинило посилення ерозійних процесів і деградацію орних земель. За узагальненими оцінками міжнародних експертів, унаслідок деградаційних процесів протягом історії землекористування людство втратило або суттєво знизило продуктивність близько 2 млрд га колись родючих земель, що співставно з сучасною площею орних земель світу [1; 17]. В Україні аналогічні процеси проявляються у стійкому зростанні площ деградованих ґрунтів: за наявними оцінками, деградаційними процесами охоплено понад 25% сільськогосподарських земель (приблизно 10–12 млн га) [18–19].

У відповідь на ці виклики аграрна наука зосередилася на розробленні систем мінімалізації обробітку ґрунту, серед яких найбільш радикальним варіантом мінімалізації механічного обробітку є повна відмова від нього як елемента технології вирощування культур.

Запровадження технології No-till супроводжується зміною підходів до управління родючістю ґрунту, за яких пріоритет надається збереженню його структури, водного режиму та біологічної активності. За такого підходу підвищення продуктивності культур забезпечується формуванням сприятливих агроєкологічних умов, а не інтенсифікацією механічного обробітку ґрунту. У результаті функціонує агроєкосистема, що перебуває в постійній динаміці та характеризується здатністю до саморегуляції й самовідновлення [20].

Однією з основних засад технології нульового обробітку ґрунту є збереження післязливних решток на поверхні поля з їх рівномірним розподілом. Рослинні залишки виконують мульчувальну функцію, регулюють водно-тепловий режим ґрунту, знижують ступінь ерозії і є важливим джерелом органічної речовини. Тому ефективність системи No-till значною мірою визначається якістю їх подрібнення та просторового розміщення. У системі землеробства No-till управління рослинними рештками базується на поєднанні механічних і біологічних заходів. Механічний вплив реалізується за допомогою зернозбиральних комбайнів, оснащених подрібнювальними пристроями, а також спеціалізованих причіпних агрегатів. У виробничій практиці застосовують як вітчизняні подрібнювачі ПН-4,0 і ПР-2,6, так і імпорتنі моделі – Wil-Rich-4,57, Schulte 5026, Land Pride RC5515, KUHN BNG та ін., що забезпечують дрібне подрібнення соломи й рівномірний розподіл рослинної маси по поверхні поля (зокрема техніку виробництва Schulte, Wil-Rich, KUHN та Land Pride). За біологічним підходом

здійснюється регулювання інтенсивності розкладання післязливних решток.

Прискорення мінералізації соломи досягається застосуванням біологічних препаратів, які містять комплекси целюлозо- та лігнінеструкторів, азотфіксувальних і фосфатмобілізувальних бактерій та інших корисних мікроорганізмів. Використання таких препаратів (зокрема байкал ЕМ-1, Ризобакт, Гуміфікатор тощо) сприяє активізації ґрунтової мікробіоти й підвищенню доступності елементів живлення для культурних рослин.

До позитивних аспектів цієї технології К. Кроветто також відносить активізацію мікробіологічних процесів ґрунту та формування макропористої структури, що полегшує проникнення кореневої системи у глибші горизонти профілю [21]. Зазначені зміни створюють передумови для ширших агроєкологічних і виробничих ефектів системи No-till, які узгоджуються з результатами класичних і сучасних досліджень. Зокрема, англійський учений-аграрій Н. Allen, один із теоретиків мінімального обробітку ґрунту, до ключових переваг цієї системи відносив істотне скорочення витрат часу, робочої сили, паливно-мастильних матеріалів і фінансових ресурсів, скорочення втрат вологи з ґрунту, збереження гумусу та мінімізація ризиків водної й вітрової ерозії [22].

Подібні висновки отримали й американські дослідники. За даними С. Baker та К. Saxton, система No-till забезпечує комплекс позитивних змін у ґрунтовому середовищі та функціонуванні агроєкосистем, зокрема сприяє зростанню вмісту органічної речовини в поверхневому шарі ґрунту, збереженню його природної структури та ґрунтової фауни, поліпшенню аерації й водопроникності, а також істотному зменшенню водної й вітрової ерозії завдяки мульчувальному покриву рослинних решток.

Автори відзначають стабілізацію температурного режиму ґрунту, покращення внутрішнього дренажу та зниження ризику переувільнення внаслідок підвищення структурної стійкості ґрунту. У виробничому аспекті No-till характеризується суттєвим скороченням енерговитрат: економією до 80% пального під час підготовки ґрунту до сівби, зменшенням трудових затрат приблизно на 60% та зниженням потреби в машинних операціях, що загалом сприяє зменшенню собівартості рослинницької продукції [23].

Відмінності між технологіями особливо чітко проявляються за показниками витрат виробничих ресурсів. Зокрема, у дослідженнях системи No-till показано, що традиційна технологія підготовки ґрунту може включати приблизно 7–8 польових операцій, тоді як за прямої сівби посів здійснюється одним проходом спеціалізованої сівалки, що забезпечує істотне скорочення трудових витрат [24, с. 2–3]. Польові експериментальні дослідження також демонструють зниження витрат дизельного пального з приблизно 50–60 л/га за традиційного обробітку до 14–20 л/га за No-till залежно від умов вирощування [25]. Наведені результати підтверджують системний характер зниження витрат ресурсів за мінімізації

Порівняльна характеристика традиційної оранки та системи No-till

Критерій	Традиційна оранка	No-till
Енерговитрати	Високі (6–8 технологічних операцій; 50–60 л дизельного пального/га)	Низькі (1–2 проходи; економія пального до 70–80%)
Вміст гумусу	Тенденція до зниження внаслідок інтенсивної мінералізації	Поступове накопичення у верхньому шарі (0–10 см), стратифікація органічної речовини
Ерозійні процеси	Високий ризик водної й вітрової ерозії	Суттєве зниження ерозії за умови достатнього мульчувального покриву
Урожайність культур	Відносно стабільна в короткостроковій перспективі	У перші роки часто нижча на 2–8%, із тенденцією до вирівнювання після адаптаційного періоду
Фітосанітарні ризики	Нижчі за рахунок механічного контролю бур'янів	Підвищені: накопичення бур'янів і патогенів, зростання залежності від гербіцидів

механічного втручання. Систематизоване порівняння традиційної оранки та системи No-till наведено в табл. 1.

Наведене порівняння демонструє, що система No-till забезпечує істотне скорочення енерговитрат і протиерозійний ефект, однак супроводжується підвищенням фітосанітарного навантаження та можливим тимчасовим зниженням урожайності в адаптаційний період.

Результати наукових досліджень свідчать, що поряд із численними перевагами система No-till характеризується й низкою суттєвих обмежень. Зокрема, за даними С.І. Baker та ін. [26], відсутність механічного обробітку ґрунту може призводити до зростання фітосанітарного навантаження, що проявляється у збільшенні кількості бур'янів, хвороб і шкідників та, відповідно, у зростанні залежності агротехнологій від гербіцидів і пестицидів. Особливою проблемою є тимчасове зниження доступності ґрунтового азоту для рослин, пов'язане з його іммобілізацією целюлозоруйнівними мікроорганізмами під час розкладання рослинних решток [26].

У зв'язку з накопиченням бур'янової рослинності та активізацією збудників хвороб навіть у господарствах, де технології мінімального або нульового обробітку показали позитивні результати, практикують періодичне повернення до оранки як елементу фітосанітарної стабілізації агроценозів. Такий прийом застосовують орієнтовно раз на 4–5 років. Зокрема, у Данії глибокий обробіток використовують у межах мінімальної системи, тоді як у Чехії – навіть за умов повного переходу на No-till. Паралельно акцентується увага на необхідності добору більш толерантних сортів польових культур, насамперед пшениці озимої та кукурудзи, що розглядається як важливий компенсаторний чинник за зростання фітосанітарного тиску [9; 20; 27].

За результатами узагальнювальних досліджень, середній рівень урожайності за системи No-till зазвичай є приблизно на 5% нижчим порівняно з традиційним обробітком ґрунту, однак величина цього ефекту істотно варіює залежно від культури, кліматичних умов і тривалості застосування технології. Для зернових культур (пшениця, рис, кукурудза) зафіксовано зниження врожайності в межах 2,6–7,6%, тоді як

для олійних і бобових культур негативний вплив часто є менш вираженим або відсутнім [28]. Польові випробування в Україні (2024 р.) показали, що у перші роки переходу на No-till урожайність сої зменшується на 4,8–7,7% залежно від агрофону [29]. Водночас окремі дослідження свідчать, що за прямого висіву озимої пшениці можливе підвищення врожаю на 2–3%, що пов'язують із кращим збереженням ґрунтової вологи та формуванням сприятливішого мікроклімату у верхньому шарі ґрунту [29].

У науковій літературі поряд із перевагами No-till докладно аналізуються й її обмеження. Зокрема, О. Цилірич [6], узагальнюючи результати досліджень і власний виробничий досвід, виділяє низку агрофізичних, фітосанітарних, технологічних та соціально-економічних ризиків впровадження системи.

Агрофізичні й агрохімічні аспекти проявляються у зниженні весняної температури ґрунту (на 3–5 °С), затримці початкового розвитку культур і зміщенні строків сівби. На важких слабодренуваних ґрунтах можливе перезволоження верхнього шару та тимчасове зниження біологічної активності. У перші роки переходу спостерігається сезонне ущільнення («цементация»), яке поступово нівелюється.

Фітосанітарні ризики пов'язані зі збереженням інфекцій і шкідників у післязбиральних рештках та зростанням імовірності формування гербіцидостійких бур'янів; частина ґрунтових препаратів адсорбується рослинними рештками, знижуючи їх дію.

Технологічні особливості включають потребу адаптації норм висіву, систем удобрення й строків сівби, а також більш виражений вплив мікрорельєфу за відсутності обробітку.

Економічні та соціальні чинники охоплюють високу вартість сівалок прямого висіву, необхідність підвищення кваліфікації персоналу та зміни у структурі зайнятості, що стримує масштабне впровадження технології.

Таким чином, проведений аналіз дозволяє систематизувати сучасні уявлення про екологічні, технологічні та економічні аспекти застосування системи No-till і визначити ключові чинники, що зумовлюють варіативність її результатів у різних агроєкосистемах.

Висновки. Проведений аналіз показує, що технологія No-till може бути ефективним інструментом ґрунтозахисного землеробства, оскільки забезпечує скорочення енерговитрат, зменшення ерозійних процесів і сприяє накопиченню органічної речовини у верхньому шарі ґрунту. Водночас результативність її застосування є нестабільною та значною мірою залежить від ґрунтово-кліматичних умов, структури сівозміни, рівня агротехнологічного забезпечення й тривалості адаптаційного періоду.

В умовах України систему No-till доцільно розглядати не як повну заміну традиційному обробітку ґрунту, а як складову інтегрованої моделі землеробства з урахуванням типу ґрунтів, забезпеченості поверхні поля рослинними рештками та фітосанітарного стану посівів. Початкові етапи переходу до No-till нерідко супроводжуються тимчасовим зниженням урожайності (в середньому на 2–8%) і зростанням фітосанітарного навантаження, що потребує коригування систем удобрення та захисту рослин, а також добору адаптованих сортів і гібридів.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на тривалі польові експерименти з оцінювання змін фізичних властивостей чорноземів, динаміки гумусу та продуктивності основних культур, а також на розроблення регіонально адаптованих моделей застосування No-till.

Література

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Status of the World's Soil Resources (SWSR): Main Report. Rome : FAO, 2015. 650 p. URL: <https://www.fao.org/3/i5199e/i5199e.pdf> (дата звернення: 08.02.2026).
2. Lal R. Soil erosion and carbon dynamics. *Soil and Tillage Research*. 2003. Vol. 81, No. 2. P. 137–142. URL: <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.09.002> (дата звернення: 08.02.2026).
3. Kassam A., Friedrich T., Derpsch R. Global spread of Conservation Agriculture. *Field Actions Science Reports*. 2014. Special Issue 7. P. 1–10. URL: <http://journals.openedition.org/factsreports/1941> (дата звернення: 10.02.2026).
4. Pittelkow C. M., Liang X., Linquist B. A., van Groenigen K. J., Lee J., Lundy M. E., van Gestel N., Six J., Venterea R. T., van Kessel C. Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature*. 2015. Vol. 517. P. 365–368. URL: <https://doi.org/10.1038/nature13809> (дата звернення: 10.02.2026).
5. Lykhovyd P. V., Lavrenko S. O., Lavrenko N. M. Tillage effects on humus content in the soils of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2024. Vol. 14, No 1. P. 45–52. URL: <https://medicine.dp.ua/index.php/med/article/view/1052/1060> (дата звернення: 10.02.2026).
6. Цилюрик О. І. Система мульчувального обробітку ґрунту в Північному Степу: монографія. Дніпро: Новий Світ 2000, 2019. 298 с.
7. Didenko N. O., Kolomiets S. S., Sardak A. S., Islam K. R., Reeder R. C. Tillage effects on soil functional properties: a review. *Land reclamation and water resources management*. 2023. (1), 85–93. URL: <https://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/356/262> (дата звернення: 15.02.2026).
8. Сайко В. Ф., Малієнко А. М. Системи обробітку ґрунту в Україні. Київ : ВД «ЕКМО», 2007. 44 с.
9. Медведєв В. В. Нульовий обробіток ґрунту в європейських країнах. Харків : EDENA, 2010. 202 с.
10. Blanco-Canqui H., Ruis S. J. No-tillage and soil physical environment. *Geoderma*. 2018. Vol. 326. P. 164–200. URL: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.011> (дата звернення: 12.02.2026).
11. Tsyliuryk O. I., Tkalic Y. I., Kolesnykova K. V., Rudakov Y. M., Tkalic Y. Y. Modern trends and development directions of soil tillage systems in the world and Ukraine. *Agrology*, vol. 8, no. 1, Mar. 2025, pp. 48–54, URL: <https://dSPACE.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/12078/1/173-Article%20Text-483-1-10-20250328.pdf> (дата звернення: 11.02.2026).
12. Yatsiuk M., Tarariko Yu., Kuzmych L., Saidak R., Olepir R., Pysarenko P., Sydorenko O., Soroka Yu. Soil tillage and fertilization systems as determinants of crop productivity and agroecological properties of typical chernozem. *Preprints*, 2026. URL: <https://www.preprints.org/manuscript/202602.0426> (дата звернення: 22.02.2026).
13. Флакей В.В. Залежність показників вмісту білка, олії на врожайності сої від біологічних препаратів на систем обробітку ґрунту. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 138. С. 208–214. URL: https://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/138_2024/28.pdf (дата звернення: 11.02.2026).
14. Soto-Gómez D., Pérez-Rodríguez P. Sustainable agriculture through perennial grains: Wheat, rice, maize and other species. A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2022. Vol. 325 p. Art. 107747. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107747> (дата звернення: 12.02.2026).
15. Wulanningtyas H. S., Gong Y., Li P., Sakagami N., Nishiwaki J., Komatsuzaki M. A. Cover crop and no-tillage system for enhancing soil health by increasing soil organic matter in soybean cultivation. *Soil and Tillage Research*. 2021. Vol. 205. Art. 104749. URL: <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104749> (дата звернення: 12.02.2026).
16. Манушкіна Т. М., Дробітько А. В., Качанова Т. В., Геращенко О. А. Екологічні особливості технології No-till в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 4 (108). С. 47–56. URL: https://dSPACE.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/9205/1/n108v4r2020manushkina.pdf?utm_source (дата звернення: 12.02.2026).
17. United Nations Convention to Combat Desertification. *Global Land Outlook*. Bonn: UNCCD, 2017. URL: <https://www.unccd.int/resources/global-land-outlook/glo-first-edition> (дата звернення: 12.02.2026).
18. Частка деградованих ґрунтів в Україні перевищує 25%. *AgroNews*. 2024. URL: <https://agronews.ua/news/chastka-degradovanyh-gruntiv-v-ukrayini-perevyshhuye-25/> (дата звернення: 12.02.2026).
19. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Ukraine, FAO unite to save healthy soil*.

Rome : FAO, 2019. URL: https://www.fao.org/europe/news/detail/Ukraine-FAO-unite-to-save-healthy-soil/en?utm_source (дата звернення: 02.01.2026).

20. Косолап М.П., Кротінов О. П. Система землеробства No-till: Навч. посібник. Київ : Логос, 2011. 352 с.

21. Кроветто К. Технологія no-till, стерня і живлення ґрунту. Пропозиція. 2005. №1. С. 72–74.

22. Allen, H.P. (1981). Direct Drilling and Reduced Cultivations. Ipswich: Farming Press, 219 p.

23. Baker J. C., Saxton K. E. The 'what' and 'why' of no-tillage farming. No-tillage seeding in conservation agriculture, 2nd edn., Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and Commonwealth Agricultural Bureau (CAB) International. 2007. PP1–10. URL: <https://www.fao.org/4/al298e/al298e01.pdf> (дата звернення: 13.02.2026).

24. Huggins D. R., Reganold J. P. No-Till: The Quiet Revolution. Washington, DC : USDA Agricultural Research Service, 2008. 4 p. URL: <https://www.ars.usda.gov/arsuserfiles/20902500/davidhuggins/notill.pdf> (дата звернення: 13.02.2026).

25. Akbarnia A., Farhani F. Study of fuel consumption in three tillage methods. Res. Agr. Eng. Vol. 60, 2014, No. 4: 142–147. URL: <https://rae.agriculturejournals.cz/pdfs/rae/2014/04/04.pdf> (дата звернення: 13.02.2026).

26. Baker C. J., Saxton K. E., Ritchie W. R., Chamen W. C. T., Reicosky D. C., Ribeiro M. F. S., Justice S. E., Hobbs P. R. No-tillage seeding in conservation agriculture. 2nd ed. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations ; Wallingford : CAB International, 2007. 341 p.

27. Бондарчук І. Л. Закономірності формування агрофітоценозів кукурудзи і його бур'янового компонента при традиційній і No-till технологіях, ефективна система контролю. Посібник українського хлібороба (науково-виробничий щорічник). 2010. № 1. С. 101–104.

28. Тетерещенко Н. Початкова продуктивність сої за переходу до системи no-till в умовах нестійкого зволоження. Агробізнес Сьогодні. 2024. 14 червня. URL: <https://agro-business.com.ua/agro-ahronomiia-sohodni/item/29928-pochatkova-produktivnist-soi-za-perekhodu-do-systemy-notill-v-umovakh-nesstiikoho-zvolozhennia.html> (дата звернення: 13.02.2026).

29. Dong Zhiqiang; Yang Shuo; Li Si; Fan Pengfei; Wu Jianguo; Liu Yuxin; Wang Xiu; Zhang Jingting; Zhai Changyuan. Effects of no-tillage on field microclimate and yield of winter wheat. Agronomy. 2024. T. 14, № 12. Art. 3075. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/14/12/3075> (дата звернення: 15.02.2026).

References

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015). Status of the World's Soil Resources (SWSR): Main Report. Rome: FAO, 650 p. URL: <https://www.fao.org/3/i5199e/i5199e.pdf> (accessed: 08.02.2026)

2. Lal, R. (2003). Soil erosion and carbon dynamics. Soil and Tillage Research, 81(2), 137–142. URL: <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.09.002> (accessed: 08.02.2026)

3. Kassam A., Friedrich T., Derpsch R. (2014). Global spread of Conservation Agriculture. Field Actions Science Reports, Special Issue 7, 1–10. URL: <http://journals.openedition.org/factsreports/1941> (accessed: 10.02.2026)

4. Pittelkow C. M., Liang X., Linquist B. A., van Groenigen K. J., Lee J., Lundy M. E., van Gestel N., Six J., Venterea R. T., van Kessel C. (2015). Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. Nature, Vol. 517, 365–368. URL: <https://doi.org/10.1038/nature13809> (accessed: 10.02.2026)

5. Lykhovyd, P.V., Lavrenko, S.O., & Lavrenko, N.M. (2024). Tillage effects on humus content in the soils of Ukraine. Ukrainian Journal of Ecology, 14(1), 45–52. URL: <https://medicine.dp.ua/index.php/med/article/view/1052/1060> (accessed: 10.02.2026)

6. Tsyliuryk O. I. (2019). Systema mulchvalnoho obrobitku gruntu v sivozminakh Pivnichnoho Stepu [The system of mulching tillage in rotations of the Northern Steppe]. Dnipro: Novyi Svit-2000, 298 p. [in Ukrainian]

7. Didenko N. O., Kolomiets S. S., Sardak A. S., Islam K. R., Reeder R. C. (2023). Tillage effects on soil functional properties: a review. Land reclamation and water resources management, (1), 85–93. URL: <https://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/356/262> (accessed: 15.02.2026)

8. Saiko V. F., Maliienko A. M. (2007). Systemy obrobitku gruntu v Ukraini [Soil cultivation systems in Ukraine]. Kyiv : EKMO, 44 p. [in Ukrainian].

9. Medvedev V. V. (2010). Nulovyi obrobitok gruntu v yevropeiskykh krainakh. [No-Till Farming in European Countries] Kharkiv : TOV «EDENA». 202 p. [in Ukrainian].

10. Blanco-Canqui H., Ruis S. (2018). No-tillage and soil physical environment. Geoderma, 326, 164–200. URL: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.011> (accessed: 12.02.2026)

11. Tsyliuryk, O.I., Tkalic, Y.I., Kolesnykova, K.V., Rudakov, Y.M., & Tkalic, Y.Y. (2025). Modern trends and development directions of soil tillage systems in the world and Ukraine. Agrology, 8(1), 48–54. URL: <https://dSPACE.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/12078/1/173-Article%20Text-483-1-10-20250328.pdf> (accessed: 11.02.2026)

12. Yatsiuk, M., Tarariko, Yu., Kuzmych, L., Saidak, R., Olepir, R., Pysarenko, P., Sydorenko, O., & Soroka, Yu. (2026). Soil tillage and fertilization systems as determinants of crop productivity and agroecological properties of typical chernozem [Preprint]. Preprints. URL: <https://www.preprints.org/manuscript/202602.0426> (accessed: 22.02.2026)

13. Flakei V.V. (2024). Zalezhnist pokaznykiv vmistu bilka, olii na vrozhaivosti soi vid biolohichnykh preparativ na system obrobitku gruntu. [Dependence of indicators of protein content, oil and yield of soybeans on biological preparations and tillage systems]. Tavriyskiy naukovyi visnyk, 138, 208–214. URL: https://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/138_2024/28.pdf (accessed: 11.02.2026) [in Ukrainian].

14. Soto-Gómez D., Pérez-Rodríguez P. (2022). Sustainable agriculture through perennial grains: Wheat, rice, maize and other species. A review. Agriculture, Ecosystems & Environment, 325 <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107747> (accessed: 12.02.2026)

15. Wulanningtyas H. S., Gong Y., Li P., Sakagami N., Nishiwaki J., Komatsuzaki M. A. (2021). Cover crop and no-tillage system for enhancing soil health by increasing soil organic matter in soybean cultivation. *Soil & Tillage Research*, 205, 104749. URL: <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104749> (accessed: 12.02.2026)
16. Manushkina T.M., Drobitko A.V., Kachanova T.V., Herashchenko O.A. (2020). Ekolohichni osoblyvosti tekhnolohii No-till v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Ecological features of No-till technology in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria*, issue 4, pp. 47-56. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/9205/1/n108v4r2020manushkina.pdf?utm_source (accessed: 12.02.2026) [in Ukrainian].
17. United Nations Convention to Combat Desertification (2017). *Global Land Outlook*. Bonn: UNCCD. URL: <https://www.unccd.int/resources/global-land-outlook/glo-first-edition> (accessed: 12.02.2026)
18. Chastka dehradovanykh gruntiv v Ukraini perevyschue 25% (2024). [The share of degraded soils in Ukraine exceeds 25%]. *AgroNews*. URL: <https://agronews.ua/news/chastka-degradovanykh-gruntiv-v-ukrayini-perevyschue-25/> (accessed: 12.02.2026) [in Ukrainian].
19. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2019). *Ukraine, FAO unite to save healthy soil*. Rome : FAO. URL: https://www.fao.org/europe/news/detail/Ukraine-FAO-unite-to-save-healthy-soil/en?utm_source (accessed: 02.01.2026)
20. Kosolap M.P., Krotinov O.P. (2011). *Systema zemlerobstva No-till: navch. posibn.* [No-till farming system: textbook]. Kyiv, «Lohos», 352 p. [in Ukrainian].
21. Krovetto K. (2005). Tekhnolohiia no-till, sterntia i zhyvlennia [No-till technology, stubble and soil nutrition]. *Propozytsiya Publ.*, 1, 72-74 [in Ukrainian]
22. Allen, H.P. (1981). *Direct Drilling and Reduced Cultivations*. Ipswich: Farming Press, 219 p.
23. Baker, C.J., & Saxton, K.E. (2007). The "what" and "why" of no-tillage farming. In: *No-Tillage Seeding in Conservation Agriculture* (2nd ed.). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; Wallingford: CAB International, pp. 1-10. URL: <https://www.fao.org/4/al298e/al298e01.pdf> (accessed: 13.02.2026)
24. Huggins D. R., Reganold J. P. *No-Till: The Quiet Revolution*. Washington, DC : USDA Agricultural Research Service, 2008. 4 p. URL: <https://www.ars.usda.gov/arsuserfiles/20902500/davidhuggins/notill.pdf> (accessed: 13.02.2026)
25. Akbarnia, A., Farhani, F. (2014). Study of fuel consumption in three tillage methods. *Research in Agricultural Engineering*, 60(4), 142-147. URL: <https://rae.agriculturejournals.cz/pdfs/rae/2014/04/04.pdf> (accessed: 13.02.2026)
26. Baker, C.J., Saxton, K.E., Ritchie, W.R., Chamen, W.C.T., Reicosky, D.C., Ribeiro, M.F.S., Justice, S.E., & Hobbs, P.R. (2007). *No-Tillage Seeding in Conservation Agriculture* (2nd ed.). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; Wallingford: CAB International, 341 p.
27. Bondarchuk, I.L. (2010). Zakonomirnosti formuvannia ahrofitosenoziv kukurudzy i yoho buri-anovoho komponenta pry tradytsiinii i No-till tekhnolohiiah, efektyvna systema kontroliu [Regularities of formation of maize agrophytocenoses and its weed component under traditional and No-till technologies, effective control system]. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba (naukovo-vyrobnychy shchorichnyk)*, 1, 101-104. [in Ukrainian].
28. Tetereshchenko, N. (2024). Pochatkova produktyvnist soi za perekhodu do systemy no-till v umovakh nestiikoho zvolozhennia [Initial soybean productivity during transition to the no-till system under conditions of unstable moisture]. *Ahrobiznes Sohodni*. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/29928-pochatkova-produktyvnist-soi-za-perekhodu-do-systemy-notill-v-umovakh-nestiikoho-zvolozhennia.html> (accessed: 13.02.2026) [in Ukrainian].
29. Dong, Z., Yang, S., Li, S., Fan, P., Wu, J., Liu, Y., Wang, X., Zhang, J., & Zhai, C. (2024). Effects of no-tillage on field microclimate and yield of winter wheat. *Agronomy*, 14(12), 3075. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/14/12/3075> (accessed: 15.02.2026)

Дата першого надходження статті до видання: 25.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 27.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 26.05.2026

**І. Д. Жил'як**

кандидат хімічних наук,
доцент кафедри біології,
Уманський національний університет
(м. Умань, Україна)
E-mail: zhilyak@i.ua
orcid.org/0000-0001-6885-836X

І. І. Сенік

доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри агробіотехнологій,
Західноукраїнський національний університет
(м. Тернопіль, Україна)
E-mail: senyk_ir@ukr.net
orcid.org/0000-0003-4756-7824

**Р. В. Карпінський**

аспірант
Західноукраїнський національний університет
(м. Тернопіль, Україна)
E-mail: katerinakarp@gmail.com
orcid.org/0009-0001-4532-7547

УРОЖАЙНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ МЯКОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ПРИПОСІВНОГО УДОБРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН

Наведено результати досліджень із вивчення припосівного внесення мінеральних добрив, передпосівної обробки насіння та фоліарного застосування регулятора росту Вітазім при вирощуванні пшениці озимої.

Метою досліджень було вивчення питання формування урожайності пшениці озимої мякої залежно від припосівного удобрення та застосування регуляторів росту. **Матеріали та методи досліджень.** Дослідження проводилися у трифакторному досліді протягом 2024–2025 рр. Методи досліджень: польовий, математично-статистичний для оцінювання достовірності отриманих даних. **Результати.** Встановлено позитивний вплив досліджуваних технологічних заходів вирощування на формування зернової продуктивності пшениці озимої. На контрольному варіанті, де не вносилися припосівні добрива та не застосовувався регулятор росту Вітазім урожайність знаходилася на рівні 6,42 т/га у 2024 році та 8,01 т/га у 2025 році. Проведення передпосівної обробки насіння зазначеним препаратом сприяло зростанню виходу зерна з одиниці площі до 6,75 та 8,45 т/га. На аналогічних варіантах із використанням припосівного удобрення YaraMila 8–24--24 урожайність становила відповідно 7,12–8,39 та 7,65–8,85 т/га.

На варіантах без фоліарного застосування регулятора росту Вітазім урожайність зерна становила 6,42–7,65 т/га у 2024 році, 8,01–8,85 т/га у 2025 році залежно від передпосівної обробки насіння та припосівного удобрення. Позакореневе внесення регулятора росту Вітазім сприяло зростанню зернової продуктивності пшениці озимої до 6,75–8,01 т/га у 2024 році та 8,35–9,35 т/га у 2025 році. В цілому ж, за роки досліджень найвищою урожайністю зерна пшениці озимої відзначився варіант, на якому висівалося оброблене насіння регулятором росту Вітазім, вносилося одночасно із сівбою комплексне добриво YaraMila 8–24–24 в нормі 100 кг/га, а у фазі ВВСН 30–32 проводилося позакореневе підживлення. Урожайність зерна при цьому становила 8,68 т/га.

Ключові слова: пшениця озима, удобрення, обробка насіння, регулятори росту, урожайність.

I. D. Zhyliak

Candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor at the Department of Biology,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: zhilyak@i.ua
orcid.org/0000-0001-6885-836X

I. I. Senyk

Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Agrobiotechnologies,
West Ukrainian National University (Ternopil, Ukraine)
E-mail: senyk_ir@ukr.net
orcid.org/0000-0003-4756-7824

R. V. Karpinskyi

Postgraduate Student,
West Ukrainian National University, (Ternopil, Ukraine)
E-mail: katerinakarp@gmail.com
orcid.org/0009-0001-4532-7547

YIELD OF WINTER SOFT WHEAT DEPENDS ON POST-SOWING FERTILIZATION AND APPLICATION OF GROWTH STIMULATORS OF PLANTS

The results of research on the study of the application of mineral fertilizers at sowing, pre-sowing seed treatment and foliar application of the Vitazym growth stimulator in the cultivation of winter wheat are presented.

The purpose of the research was to study the issue of the formation of the yield of soft winter wheat depending on the application of fertilizers at sowing and the use of growth stimulators. **Materials and methods of research.** The research was conducted in a three-factor experiment during 2024–2025. Research methods: field, mathematical and statistical to assess the reliability of the data obtained. **Results.** A positive effect of the studied technological cultivation measures on the formation of grain productivity of winter wheat was established. In the control variant, where no fertilizers were applied at sowing and the Vitazym growth stimulator was not used, the yield was at the level of 6,42 t/ha in 2024 and 8,01 t/ha in 2025. Pre-sowing seed treatment with the specified preparation contributed to an increase in grain yield per unit area to 6,75 and 8,45 t/ha. In similar variants using YaraMila 8–24–24 seeding fertilizer, the yield was 7,12–8,39 and 7,65–8,85 t/ha, respectively.

In variants without foliar application of Vitazym growth stimulant, the grain yield was 6,42–7,65 t/ha in 2024, 8,01–8,85 t/ha in 2025, depending on pre-sowing seed treatment and seeding fertilizer. Foliar application of the Vitazym growth stimulant contributed to an increase in winter wheat grain productivity to 6,75–8,01 t/ha in 2024 and 8,35–9,35 t/ha in 2025. In general, over the years of research, the highest yield of winter wheat grain was achieved by the option in which seeds treated with the Vitazym growth stimulant were sown, YaraMila 8–24–24 complex fertilizer was applied simultaneously with sowing at a rate of 100 kg/ha, and foliar feeding was carried out in the BBCH 30–32 phase. The grain yield was 8,68 t/ha.

Key words: winter wheat, fertilizer, seed treatment, growth stimulants, yield.

Постановка проблеми. У сучасній структурі глобального аграрного виробництва пшениця займає домінантне положення як стратегічно значуща зернова культура, що визначає рівень продовольчої безпеки населення, стабільність світових продовольчих ринків та ефективність функціонування аграрного сектору економіки. Висока соціально-економічна значущість цієї культури зумовлена її універсальним використанням, широкою адаптивною здатністю до різних ґрунтово-кліматичних умов і визначальною роллю у формуванні світового зернового балансу. Так, за оцінками науковців, у 2025/2026 маркетинговому році обсяг світового виробництва зернових культур перевищить 3 млрд т і становитиме 3,003 млрд т [22]. Щодо пшениці, то її частка у структурі світового зернового виробництва у 2025/2026 маркетинговому році становитиме близько 830 млн т, або 27,6 % загального валового збору, що підтверджує її ключове значення в системі світового агропродовольчого забезпечення. В Україні, де планується виростити 25 млн т пшениці, буде експортовано близько 8 млн т [26].

Актуальність збільшення обсягів виробництва сільськогосподарської продукції, в тому числі і зерна, зумовлена також тим, що в умовах війни, аграрний сектор економіки є одним із небагатьох, що розвивається та забезпечує надходження валютних коштів у бюджет країни [3].

Незважаючи на значний розвиток сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур, їх урожайність значно нижче генетично можливого потенціалу. Так, за даними Державної служби статистики України, у 2025 році середня урожайність пшениці озимої становила 4,56 т/га, тоді як можливості сучасних сортів знаходяться на рівні 8–10 т/га. Це вказує на недостатнє розкриття потенційної урожайності досліджуваної культури внаслідок впливу абіотичних та біотичних чинників [15].

До ключових факторів, що лімітують реалізацію генетично детермінованого рівня продуктивності пшениці озимої, належать несприятливі гідротермічні умови вегетаційного періоду, деградація ґрунтового покриву внаслідок інтенсивного антропогенного навантаження, зниження ефективності традиційних систем мінерального живлення, а також посилення фітопатологічного тиску, що супроводжується формуванням резистентності збудників хвороб до діючих речовин засобів захисту рослин. Сукупна дія зазначених факторів зумовлює необхідність концептуального перегляду існуючих агротехнологічних підходів і впровадження інноваційних моделей управління продукційним процесом агрофітоценозів [6, 9].

Важливим компонентом сучасних технологій інтенсифікації рослинництва є застосування регуляторів росту рослин, які характеризуються

поліфункціональною дією та здатністю модулювати фізіолого-біохімічні процеси в рослинному організмі. Їх використання сприяє активації метаболічних процесів, підвищенню інтенсивності фотосинтезу, оптимізації гормонального балансу та посиленню стресостійкості рослин. За походженням і механізмом дії такі препарати представлені гуміновими сполуками, продуктами гідролізу білків, екстрактами морських водоростей, хітозаном, біополімерами та біодобривами [14].

До таких багатофункціональних препаратів належить Вітазим, який отримують шляхом мікробіологічного синтезу з рослинної сировини, який містить комплекс біологічно активних сполук, зокрема брасиностероїди, 1-тріаконтанол і вітаміни групи В. Його застосування сприяє інтенсифікації фізіолого-біохімічних процесів, стимулює ріст і розвиток рослин, підвищує ефективність використання поживних речовин і забезпечує оптимізацію функціонування агроєкосистем [27].

Проте, ключовим елементом технології, який підвищує урожайність сільськогосподарських культур в найбільшій мірі є удобрення, зокрема припосівне. Завдяки йому рослини забезпечуються поживними речовинами на початкових етапах своєї вегетації, що створює передумови для формування майбутнього урожаю [6, 9].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанню застосування мінеральних добрив та регуляторів росту рослин в технологіях вирощування пшениці озимої приділяється багато уваги в наукових публікаціях багатьох авторів в різних агрокліматичних зонах України [7, 8, 16, 18, 24].

Так, в умовах Вінницької області поєднання мінеральних добрив із передпосівною обробкою насіння біологічними препаратами забезпечило зростання врожайності озимої пшениці на 0,39–1,72 т/га, що становить 6,3–28,5% у порівнянні з контрольним варіантом [11].

Дослідженнями проведеними в північному Лісостепу України (Полтавська область) встановлено, що додавання регулятора росту гумінового походження до протруйника забезпечило синергетичний ефект у вигляді збільшення урожайності на 18,4–29,8% порівняно з контролем [10, 23].

В умовах правобережного Лісостепу передпосівна обробка насіння рістстимулюючими речовинами забезпечила прибавку урожаю на рівні 0,5–0,7 т/га [12].

Особливо актуальним є питання удобрення пшениці озимої, оскільки в структурі витрат на вирощування саме добрива займають значну їх частину і одночасно є ключовим елементом технології за допомогою якого можна впливати на її урожайність [13, 19–21]. Сучасні технології

вирощування сільськогосподарських культур неможливі без фоліарного застосування регуляторів росту рослин [5, 14].

Проте, незважаючи на значну кількість проведених досліджень із зазначеного напрямку, вивчення питання припосівного удобрення пшениці озимої, застосування регуляторів росту як для обробки насіння так і для позакореневого підживлення залишається актуальним. Це зумовлено появою нових рістстимулюючих речовин у Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні [2] та зміною погодних умов вегетаційного періоду, що в свою чергу потребує застосування такого роду препаратів.

Метою досліджень було вивчення питання формування урожайності пшениці озимої якої залежно від припосівного удобрення та застосування регуляторів росту.

Матеріали та методика досліджень. Виходячи із мети досліджень, вирішення намічених програмою завдань, проводилося в одному трифакторному досліді у товаристві з обмеженою відповідальністю «Гарант» Кам'янець-Подільського району, Хмельницької області, де протягом 2023–2025 років вивчалися три фактори (табл. 1).

Ґрунт дослідного поля ТОВ «Гарант» чорнозем типовий малогумусний слабовилугуваний, який є типовим для зони західного Лісостепу України. Перед закладанням дослідів у 2023 році було зроблено агрохімічний аналіз ґрунту лабораторією компанії Yaга (рис. 1).

Встановлено, що ґрунт характеризується низьким вмістом фосфору, калію, марганцю, міді. Дуже низьким молібдену, сірки. Вміст органічної речовини 3,9%.

Технологія вирощування пшениці озимої типова для умов Лісостепу західного. В досліді вирощувався сорт КВС Еміл. Сівба досліджуваної культури проводилася у II декаді вересня. Насіння перед сівбою оброблялося регулятором росту Вітазим, в нормі 1,0 л/т у баковій суміші із інсектицидним та фунгіцидним протруйником. Препарат Вітазим включений у Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні [2] у 2021 році терміном на 10 років.

У фазі ВВСН 30–31 цей же препарат вносився фоліарно. Регулятор росту Вітазим – це препарат виробництва компанії Plant Designs International B.V. Містить в своєму складі Cu, Fe, K₂O, Zn, біотин, брасиностероїди, вільні амінокислоти, вітаміни В₁, вітамін В₂, вітамін В₆, вітамін В₁₂, галова кислота, гіберелінова кислота, гликозиди, глюкуронова кислота, кінетин, ніацин, нуклеотиди,

Таблиця 1

Схема досліді

Фактор А – припосівне удобрення	Фактор В – передпосівна обробка насіння	Фактор С – позакореневе підживлення
1. Контроль 2. YaгаMila 8-24-24	1. Без обробки 2. Обробка насіння Вітазимом	1. Контроль 2. Вітазим

Площа ділянки 100м², повторність триразова.

Аналіз	Результат	Рекомендоване значення	Інтерпретація	Коментарі
pH	8.1	6.5	Високий	Можливе зниження доступності Mn, Cu, Fe, Zn і P.
Фосфор(ppm)	12	26	Низький	Перегляньте свої внесення ґрунтових добрив.
Калій(ppm)	144	241	Трохи низький	Перегляньте свої внесення ґрунтових добрив.
Магній(ppm)	155	50	Нормальний	Достатній рівень для цієї культури.
Кальцій(ppm)	4722	1600	Нормальний	Достатній рівень.
Марганець(ppm)	106	110	Трохи низький	Низький рівень марганцю може впливати на якість листків.
Бор(ppm)	3.68	1.60	Нормальний	Не проблема для цієї культури.
Мідь(ppm)	3.5	4.1	Трохи низький	Низький вміст міді може зменшити кількість зерна і урожаю.
Молібден(ppm)	0.04	0.20	Дуже низький	Низький пріоритет для цієї культури.
Залізо(ppm)	90	50	Нормальний	Достатній рівень.
Цинк(ppm)	1.3	4.1	Дуже низький	Низький вміст цинку може вплинути на ранній урожай і кущіння.
Сірка(ppm)	4	15	Дуже низький	Низький рівень сірки може впливати на якість зерна та врожайність.
Натрій(ppm)	17	90	Дуже низький	Не проблема для цієї культури.
С.Е.С. Ємність катіонного обміну(meq/100g)	21.2	15.0	Нормальний	Ємність катіонного обміну вказує на ґрунт з хорошою здатністю утримувати поживні речовини.
Organic Matter (LOI) (%)	3.9			

Рис. 1. Результати агрохімічного аналізу дослідного поля

пантотенова кислота, порфірини, триаконтанол, фоліева кислота [27].

Погодні умови в роки проведення досліджень досліджень відрізнялися від середніх багаторічних показників, (табл. 2), що дозволило оцінити вплив досліджуваних факторів на формування урожайності пшениці озимої (табл. 2).

У період вирощування досліджуваної культури в 2023–2024 рр. сума опадів становила 619,5 мм, а середня температура 10,3°C, у сезоні 2024–2025 рр. зазначені показники знаходилися на рівні відповідно 440,7 мм та 8,8°C. Середні багаторічні показники для регіону проведення досліджень становлять 568 мм і +8,2°C.

Дослідження проводилися згідно загальноприйнятих методик з наукових досліджень [4].

Основні результати досліджень. Встановлено, що технологічні заходи вирощування, які вивчалися в досліді впливали на зернову продуктивність пшениці озимої, (табл. 3). У контрольному варіанті, де не вносилися припосівні добрива та не застосовувався регулятор росту Вітазим, урожайність знаходилася на рівні 6,42 т/га у 2024 році та 8,01 т/га у 2025 році. Проведення передпосівної обробки насіння зазначеним препаратом сприяло зростанню виходу зерна з одиниці площі до 6,75 та 8,45 т/га. В аналогічних варіантах із використанням припосівного удобрення YaraMila 8–24–24 урожайність становила відповідно 7,12–8,39 та 7,65–8,85 т/га.

Доведено доцільність проведення фоліарного застосування регулятора росту Вітазим.

Таблиця 2

Погодні умови в роки проведення досліджень

Місяці	Роки					
	2023–2024		2024–2025		середні багаторічні показники	
	температура, °C	сума опадів, мм	температура, °C	сума опадів, мм	температура, °C	сума опадів, мм
вересень	18,1	29	17,5	8,8	15,2	50
жовтень	11,5	41,6	9,2	43,1	8,6	36
листопад	3,5	74,5	2,5	26,1	3,5	37
грудень	0,5	40	1,1	42	-0,6	42
січень	-0,8	75	1,8	13,5	-2,8	34
лютий	5,8	50	-3,3	8,2	-2	35
березень	6,0	78,8	6,9	35	3,3	33
квітень	11,4	52,5	9,8	24	10,5	45
травень	15,9	7,1	12,5	122	15,4	73
червень	19,5	96	18,9	19,5	19,3	88
липень	21,7	75	20,1	98,5	20	95
За період вегетації	10,3	619,5	8,8	440,7	8,2	568,0

Урожайність пшениці озимої залежно від технологічних заходів вирощування, т/га

Фактор А - припосівне удобрення	Фактор В - передпосівна обробка насіння	Фактор С - позакореневі підживлення	Роки		Приріст урожаю по фактору А		Приріст урожаю по фактору В		Приріст урожаю по фактору С	
			2024	2025	т	%	т	%	т	%
Контроль	Без обробки	Контроль - без поза- кореневих піджив- лень	6,42	8,01	-	-	-	-	-	-
	Обробка насіння Вітазімом		6,75	8,45	-	-	0,38	105,34	-	-
YaraMila 8-24-24	Без обробки	Позакореневе підживлення Вітази- мом	7,12	8,39	0,54	107,48	-	-	-	-
	Обробка насіння Вітазімом		7,65	8,85	0,65	108,55	0,49	106,38	-	-
Контроль	Без обробки	Позакореневе підживлення Вітази- мом	6,75	8,35	-	-	-	-	0,34	104,64
	Обробка насіння Вітазімом		7,10	8,71	-	-	0,36	104,70	0,31	104,01
YaraMila 8-24-24	Без обробки	Позакореневе підживлення Вітази- мом	7,40	8,88	0,59	107,81	-	-	0,39	104,96
	Обробка насіння Вітазімом		8,01	9,35	0,77	109,80	0,54	106,63	0,43	105,21
НІР ₀₅ , т/га	A		0,11	0,12						
	B		0,11	0,12						
	C		0,11	0,12						
	AB		0,15	0,16						
	AC		0,15	0,16						
	BC		0,15	0,16						
	ABC		0,20	0,21						

У варіантах без його внесення урожайність зерна становила 6,42–7,65 т/га у 2024 році, 8,01–8,85 т/га у 2025 році. Інтенсифікація технології вирощування досліджуваної культури, що полягала у позакореновому внесенні рістстимулюючого препарату Вітазім сприяла зростанню зернової продуктивності пшениці озимої до 6,75–8,01 т/га у 2024 році та до 8,35–9,35 т/га у 2025 році.

У середньому за два роки досліджень урожайність зерна у абсолютному контролі становила 7,22 т/га. На варіанті обробки насіння Вітазімом відмічено приріст урожаю 0,38 т/га або 5,34%. Припосівне внесення 100 кг/га YaraMila 8-24-24 забезпечило вихід зерна з одиниці площі 7,76 т/га на варіанті без передпосівної обробки насіння і 8,25 т/га із його проведенням. При цьому приріст урожаю від внесення припосівного добрива становив 0,54 т/га у варіанті без застосування Вітазіму і 0,65 т/га при його використанні для проведення (табл. 3).

Встановлено, що позакореневе підживлення агроценозів пшениці озимої регулятором росту Вітазім, в середньому за роки досліджень збільшує урожайність зерна на 0,305–0,430 т/га порівняно із необробленими варіантами.

Приріст урожаю від припосівного внесення добрив YaraMila 8-24-24 при цьому становить 0,59 т/га у варіантах без проведення передпосівної обробки насіння і 0,77 т/га при його проведенні.

В цілому ж, за роки досліджень найвищою урожайністю зерна пшениці озимої відзначився варіант, у якому висівалося оброблене насіння регулятором росту Вітазім, вносилося одночасно із сітковим комплексним добривом YaraMila 8-24-24 в нормі 100 кг/га, а у фазі BBCH 30–32 проводилося позакореневе підживлення. Урожайність зерна при цьому становила 8,68 т/га.

Позитивний вплив застосування Вітазіму, який використовується для передпосівної обробки насіння та для фоліарного застосування, як доведено попередніми дослідженнями з іншими культурами [17] ґрунтується на підвищенні енергії проростання насіння, сприянню кращому розвитку кореневої системи рослин, підвищенні стійкості до несприятливих погодних умов, особливо у критичні фази BBCH 30–32.

Порівняльна оцінка урожайності досліджуваної культури за роками вказує на її значне варіювання. Причиною цього явища є погодні умови вегетаційного періоду. Використовуючи метод кореляційно-регресійного аналізу нами встановлено, що режим зволоження у березні, квітні, травні та червні по різному впливав на зернову продуктивність досліджуваної культури, (рис. 2). Так, надмірна кількість

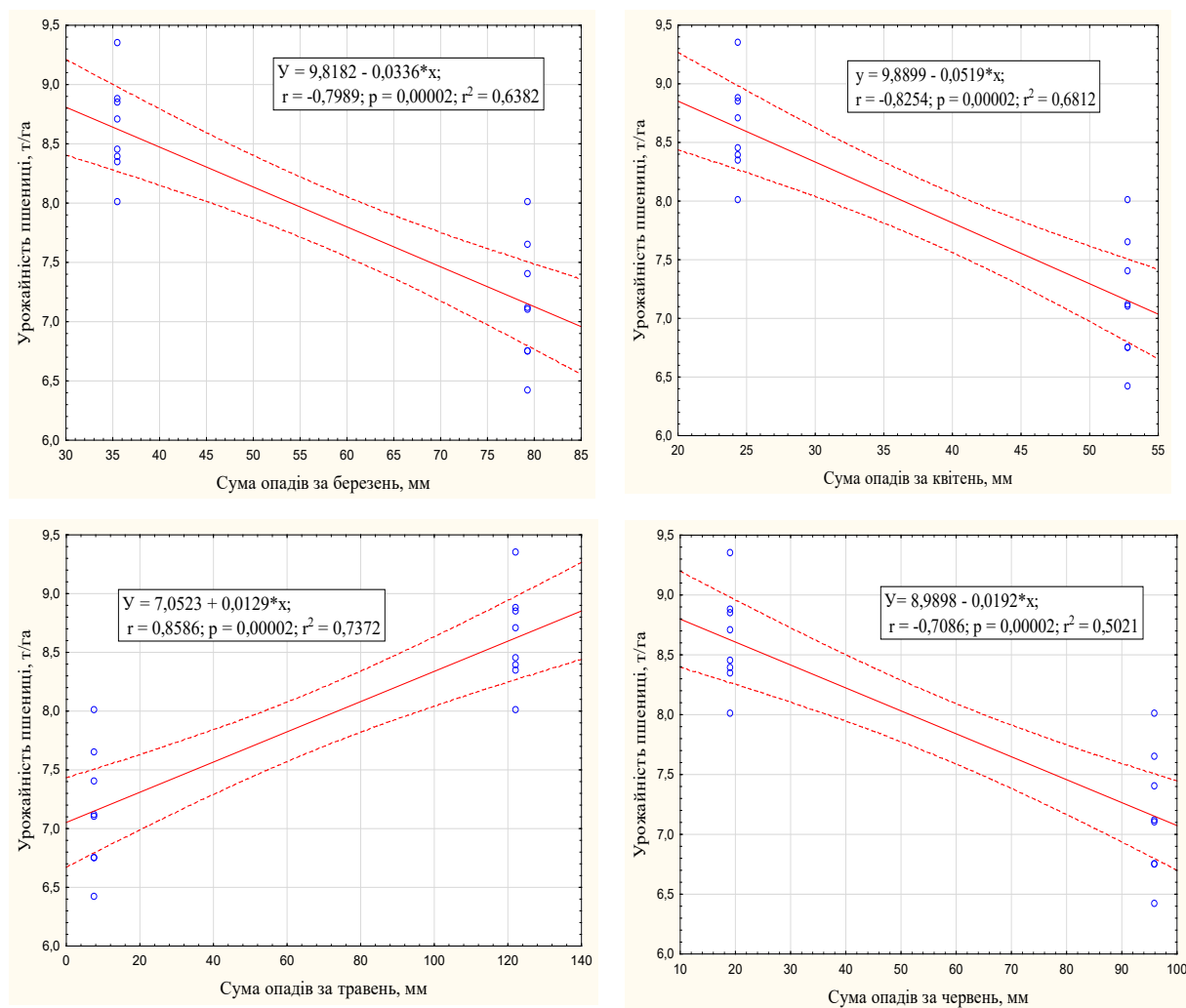


Рис. 2. Математичні та графічні моделі залежності урожайності пшениці озимої від кількості опадів за місяцями вегетації

опадів у березні та квітні спричиняє зниження урожайності пшениці, що зумовлено сповільненими темпами росту і розвитку, як наслідок меншим поглинанням внесених поживних речовин.

Коефіцієнти кореляції становлять відповідно $-0,7989$ та $-0,8254$. У травні, навпаки, відбувається інтенсивний ріст і розвиток рослин, що за умови достатнього вологозабезпечення спричиняє поглинання більшої кількості елементів живлення і забезпечує високі показники урожайності.

Коефіцієнт кореляції між кількістю опадів та урожайністю становить $0,8586$. Надмірна кількість опадів у червні також негативно впливає на формування зерна. Коефіцієнт кореляції становить $0,7086$.

Отримані результати досліджень є ще одним підтвердженням доцільності застосування ристрегулюючих речовин в технологіях вирощування пшениці озимої, що неодноразово висвітлювалося у публікаціях багатьох науковців [1, 25].

Даний агротехнологічний захід підвищує стійкість сільськогосподарських культур до несприятливих абіотичних та біотичних факторів, нівелює їх негативний вплив та забезпечує максимальну реалізацію генетичного потенціалу.

Висновки. Встановлено, що формування урожайності досліджуваної культури залежало від метеорологічних умов вегетаційного періоду та досліджуваних чинників. Достатнє вологозабезпечення у період пшениці ВВСН 30–37 сприяє формуванню високої урожайності. Коефіцієнт кореляції між кількістю опадів та урожайністю становить $0,8586$.

В цілому ж, за роки досліджень найвищою урожайністю зерна пшениці озимої відзначився варіант, на якому висівалося оброблене насіння регулятором росту Вітазім, вносилося одночасно із сібною комплексне добриво УраґаМіла 8–24–24 в нормі 100 кг/га, а у фазі ВВСН 30–32 проводилося позакореневе підживлення. Урожайність зерна при цьому становила $8,68$ т/га.

Література

1. Буряк Ю.І., Бондаренко Л.В., Чернобаб О.В., Огурцов Ю.Є. Використання регуляторів росту рослин у прискореному розмноженні насіння нових сортів пшениці ярої. *Селекція і насінництво*. 2011. № 99. С. 159–171. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2011.66081>
2. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства України. URL: <https://me.gov.ua/Documents/List/b26fe2c1-4589-4cf2-9a79-5703b474b1d4?id=00aa19f1-7ab1-4305-b69c-08bd6064acf4&lang=uk-UA&ag=DerzhavniiRestrPestitsidivIAgrokhimikativDozvolenikhDoVikoristanniaVUkraini&showMenuTree=true>. (Дата звернення 13.02.2026).
3. Експорт зернових, бобових культур та борошна з України. *Міністерство аграрної політики та продовольства України*. Веб-сайт. URL: <https://minagro.gov.ua/napryamki/eksport-do-krainies/eksport-z-ukrayini-zernovih-zernobobovih-ta-boroshna>. (Дата звернення 20.02.2026).
4. Yang, B., Wen, H., Wang, S., Zhang, J., Wang, Y., Zhang, T., Yuan, K., Lu, L., Liu, Y., Xue, Q., & Shan, H.. Enhancing Drought Resistance and Yield of Wheat through Inoculation with *Streptomyces pactum* Act12 in Drought Field Environments. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. № (4). P. 692–707. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14040692>
5. Заєць С. О., Романенко О. Л. Продуктивність сортів пшениці озимої залежно від застосування регулятора росту рослин Амінототал в умовах зрошення. *Зернові культури*. 2017. Том 1. № 2. С. 293–300.
6. Іваніна В., Коротенко І. Вплив доз і способів унесення азотних добрив на врожайність та якість зерна пшениці озимої. *Вісник аграрної науки* 2022. №11 (836). С. 5–10. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202211-01>
7. Каращук Г. В., Поліщук О. В. Урожай і якість зерна сортів пшениці озимої залежно від регуляторів росту рослин під час зрошення на півдні України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 105. С. 90–94.
8. Кліпакова Ю., Прісс О., Білоусова З., Єременко О. Урожайність пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння. *Вісник аграрної науки*. 2019. Том 97. № 4. С. 16–23. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201904-03>
9. Кліпакова Ю.О., Білоусова З.В., Кенева В.А., Коротка І.О. Вплив системи живлення на урожайність та якість зерна пшениці озимої. *Аграрні інновації*. 2021. №8. С. 41–46. DOI: <https://doi.org/10.32848/agraar.innov.2021.8.6>
10. Маренич М. М. Передпосівна обробка насіння як елемент управління продуктивним потенціалом пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 4. С. 42–46.
11. Паламарчук В. Д., Азуркін В. О., Кричковський В. Ю. Формування елементів структури врожаю пшениці озимої залежно від варіантів удобрення. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2025. Випуск 4 (49). С. 132–141. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.20>
12. Поліщук В. В., Коновалов Д. В. Перезимівля пшениці озимої та формування елементів структури урожаю залежно від обробки насіння біологічними препаратами. *Аграрні інновації*. 2023. № 21. С. 183–187. DOI: <https://doi.org/10.32848/agraar.innov.2023.21.27>
13. Польовий В. М., Лукашук Л. Я., Гук Л. І. Ефективність інтенсифікації технології вирощування пшениці озимої в Західному Лісостеп. *Вісник аграрної науки*. 2018. №11 (788). С. 35–40. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-05>
14. Полянчиков С., Капітанська О. Ринок біостимуляторів: перспективи для розвитку України. *Агроіндустрія*. 2018. № 2. С. 28–32.
15. Посівні площі сільськогосподарських культур. Державна служба статистики. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>. (Дата звернення 20.02.2026).
16. Сіроштан А. А., Заїма О. А., Кавунець В. П. та інші. Вплив протруйників із стимулятором росту і мікродобривом на посівні якості та врожайність пшениці озимої. *Селекція і насінництво*. 2019. Том 9. С. 63–67. DOI: <https://doi.org/10.31073/mvis201909-09>
17. Спосіб передпосівної обробки насіння жита посівного озимого. пат. 156345 Україна. А01С 1/06 №u 2023 04656. заявл 03.10.2023; опубл. 12.06.2024, Бюл. № 24. URL: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1804796/>(Дата звернення 20.02.2026).
18. Сучек М. М., Степанчук Т. В. Біологічна ефективність використання стимулятора росту та мікродобрива на посівах пшениці озимої в умовах Західного Лісостепу України. *Вісник Житомирського національного агрокологічного університету*. 2013. Вип. 2 (1). С. 37–44.
19. Цвей Я. П., Мирошніченко М. С., Левченко Л. М. Залежність урожайності озимої пшениці від системи удобрення й обробки ґрунту в короткоротаційних сівозмінах. *Таврійський науковий вісник*. 2019 № 110. Частина 1. С. 200–206. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.110-1.25>
20. Шакалій С. М. Урожайність та якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від мінерального живлення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 4. С. 145–148.
21. Щербань М. М., Качмар О. Й., Дубицька А. О., Вавринович О. В., Таравська О. В. вплив систем удобрення і попередників на врожай та якість зерна пшениці озимої в короткоротаційних сівозмінах. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 69 (2). С. 137–153. doi: 10.32636/01308521.2021-(69)-2-9
22. FAO Grain Supply and Demand Review. *FAO*. URL: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en>.
23. Hanhur V. V., Kocherha A. A., Pypko O. S., Yeshchenko V. M., Kabak Y. I., Onopriienko O. V. Efficiency of stimulators for pre-sowing treatment of winter wheat seeds. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. 2020. № (3). P. 40–45. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.03.04>.
24. Marenych, M. M., Hanhur, V. V., Popova, K. M., Liashenko, V. V., & Kabak, Y. I. (2020). Efficacy of humic stimulants in pre-sowing treatment of cereal seeds. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. 2020. № (3). P. 70–78. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.03.08>

25. Semenکو L., Veremeyenko S., Bykin A., Kucher L., Panchuk T. (2025). Effectiveness of plant growth stimulants for winter wheat in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2025. №28(3). P. 33–43. <https://doi.org/10.48077/scihor3.2025.33>

26. The International Grains Council has raised its forecast for world wheat production in the 2025/26 season by 3 million tons. *International Grains Council*. URL: <https://www.tridge.com/news/the-international-grains-council-has-raised--dstkyv>

27. Vitazyme – An All Natural Biostimulant Concentrate. *Plant Designs*. URL: <http://www.plantdesigns.com/vitazyme/> (Дата звернення 20.02.2026).

References

1. Buriak, Yu.I., Bondarenko, L.V., Chernobab, O.V., Ohurtsov, Yu.Ie. (2011). Vykorystannia rehulatoriv rostu roslyn u pryskorenomu rozmnozheni nasinnia novykh sortiv pshenytsi yaroї. [The use of plant growth regulators in accelerated seed propagation of new spring wheat varieties]. *Selektsiia i nasinnystvo*. № 99. S. 159–171. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2011.66081>[in Ukrainian].

2. Derzhavnyi reiestr pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini. [State Register of Pesticides and Agrochemicals Allowed for Use in Ukraine]. Ministerstvo ekonomiky, dovkillia ta silskoho hospodarstva Ukrainy. URL: <https://me.gov.ua/Documents/List/b26fe2c1-4589-4cf2-9a79-5703b474b1d4?id=00aa19f1-7ab1-4305-b69c-08bd6064acf4&lang=uk-UA&tag=DerzhavniRestrPestitsydivIAgrokhimikativDozvolenykhDoVikorystanniaVUKraini&showMenuTree=true>. [in Ukrainian].

3. Eksport zernovykh, bobovykh kultur ta boroshna z Ukrainy. [Export of grains, legumes and flour from Ukraine] (2026). *Ministerstvo ahrarynoї polityky ta prodovolstva Ukrainy*. URL: <https://minagro.gov.ua/napryamki/eksport-do-krain-ies/eksport-z-ukrayini-zernovykh-zernobobovykh-ta-boroshna>. [in Ukrainian].

4. Yang, B., Wen, H., Wang, S., Zhang, J., Wang, Y., Zhang, T., Yuan, K., Lu, L., Liu, Y., Xue, Q., & Shan, H. Enhancing Drought Resistance and Yield of Wheat through Inoculation with *Streptomyces pactum* Act12 in Drought Field Environments. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. № (4). P. 692–707. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14040692>

5. Zaiets, S. O., Romanenko, O. L. (2017). Produktivnist sortiv pshenytsi ozymoi zalezno vid zastosuvannia rehulatora rostu roslyn Aminototal v umovakh zroshennia. [Productivity of winter wheat varieties depending on the use of plant growth regulator Aminototal under irrigation conditions]. *Zernovi kultury*. T. 1. №2. S. 293–300. [in Ukrainian].

6. Ivanina, V., Korotenko, I. (2022) Vplyv doz i sposobiv unesennia azotnykh dobryv na vrozhaїnist ta yakist zerna pshenytsi ozymoi. [The influence of doses and methods of nitrogen fertilizer application on the yield and quality of winter wheat grain]. *Visnyk ahrarynoї nauky* №11 (836). S. 5–10. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202211-01> [in Ukrainian].

7. Karashchuk, H. V., Polishchuk, O. V. (2019). Urozhai i yakist zerna sortiv pshenytsi ozymoi zalezno vid rehulatoriv rostu roslyn pid chas zroshennia na

pivdni Ukrainy. [Yield and grain quality of winter wheat varieties depending on plant growth regulators during irrigation in the south of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. №105. S. 90–94. [in Ukrainian].

8. Klipakova, Yu., Priss, O., Bilousova, Z., Yeremenko, O. (2019). Urozhaїnist pshenytsi ozymoi zalezno vid peredposivnoi obrobky nasinnia [Yield of winter wheat depending on pre-sowing seed treatment]. *Visnyk ahrarynoї nauky*. T. 97. №4. S. 16–23. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201904-03>. [in Ukrainian].

9. Klipakova, Yu.O., Bilousova, Z.V., Kenieva, V.A., Korotka, I.O. (2021). Vplyv systemy zhyvlennia na urozhaїnist ta yakist zerna pshenytsi ozymoi. [The influence of the feeding system on the yield and quality of winter wheat grain]. *Ahrarni innovatsii*. №8. S. 41–46. DOI: <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2021.8.6>[in Ukrainian].

10. Marenych, M. M. (2017). Peredposivna obrobka nasinnia yak element upravlinnia produktyvnym potentsialom pshenytsi ozymoi. [Pre-sowing seed treatment as an element of managing the productive potential of winter wheat]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoї akademii*. №4. S. 42–46. [in Ukrainian].

11. Palamarchuk, V. D., Azurkin, V. O., Krychkovskiy, V. Yu. (2025). Formuvannia elementiv struktury vrozhaїu pshenytsi ozymoi zalezno vid variantiv udobrennia. [Formation of elements of the structure of the winter wheat crop depending on the fertilizer options]. *Podilskiy visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*. T. 4 (49), S. 132 –141. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.20> [in Ukrainian].

12. Polishchuk, V. V., Konovalov, D. V. (2023). Perezymivlia pshenytsi ozymoi ta formuvannia elementiv struktury urozhaїu zalezno vid obrobky nasinnia biolohichnymy preparatamy. [Overwintering of winter wheat and the formation of elements of the crop structure depending on the treatment of seeds with biological preparations]. *Ahrarni innovatsii*. №21, S. 183–187. DOI: <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2023.21.27> [in Ukrainian].

13. Polovyi, V. M., Lukashchuk, L. Ia., Huk, L. I. (2018). Efektyvnist intensyfikatsii tekhnolohii vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi v Zakhidnomu Lisostep. [Efficiency of intensification of winter wheat growing technology in the Western Forest-Steppe]. *Visnyk ahrarynoї nauky*. №11 (788). S. 35–40. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-05>

14. Poliianchykov, S., Kapitanska, O. (2018). Rynok biostymulatoriv: perspektyvy dlia rozvytku Ukrainy. [Biostimulants Market: Prospects for the Development of Ukraine]. *Ahroindustrialia*. №2. S. 28–32. [in Ukrainian].

15. Sown areas of agricultural crops. (2026). *Derzhavna sluzhba statystyky*. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].

16. Siroshтан, A. A., Zaima, O. A., Kavunets, V. P. et. all. (2019). Vplyv protruinykiv iz stymulatorom rostu i mikrodbryvom na posivni yakosti ta vrozhaїnist pshenytsi ozymoi. [The influence of pesticides with a growth stimulant and microfertilizer on the sowing quality and yield of winter wheat]. *Selektsiia i nasinnystvo*. T. 9. S. 63–67. DOI: <https://doi.org/10.31073/mvis201909-09>. [in Ukrainian].

17. Sposib peredposivnoi obrobky nasinnia zhyta posivnogo ozymoho. pat. 156345 Ukraina. [Method of pre-sowing treatment of winter rye seeds pat. 156345 Ukraina] A01C1/06 №u202304656. zaiavl03.10.2023; opubl. 12.06.2024, Biul. № 24. URL: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1804796/> (Data zvernennia 20.02.2026). [in Ukrainian].

18. Suchek, M. M., Stepanchuk, T. V. (2013). Biologichna efektyvnist vykorystannia stymuliatora rostu ta mikrodobryva na posivakh pshenytsi ozymoi v umovakh Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy. [Biological efficiency of using growth stimulant and microfertilizer on winter wheat crops in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekologichnoho universytetu*. T. 2 (1). S. 37–44. [in Ukrainian].

19. Tsvei, Ya. P., Myroshnychenko, M. S., Levchenko, L. M. (2019). Zalezhnist urozhainosti ozymoi pshenytsi vid systemy udobrennia y obrobittu gruntu v korotkorotatsiinykh sivozminakh. [Dependence of winter wheat yield on the fertilization and soil cultivation system in short-rotation crop rotations]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. №110. Chastyna 1. S. 200–206. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.110-1.25> [in Ukrainian].

20. Shakalii, S.M. (2013). Urozhainist ta yakist zerna pshenytsi miakoi ozymoi zalezhno vid mineralnogo zhyvlennia. [Yield and quality of soft winter wheat grain depending on mineral nutrition]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. №4. S. 145–148. [in Ukrainian].

21. Shcherba, M. M., Kachmar, O. I., Dubytska, A. O., Vavrynovych, O. V., Taravska, O. V. (2021). Vplyv system udobrennia i poperednykiv na vrozhai ta yakist zerna pshenytsi ozymoi v

korotkorotatsiinykh sivozminakh. peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo. [The influence of fertilizer systems and precursors on the yield and quality of winter wheat grain in short-rotation crop rotations]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. T. 69 (2). S. 137–153. doi: 10.32636/01308521.2021-(69)-2-9. [in Ukrainian].

22. FAO Grain Supply and Demand Review. (2026). FAO. URL: <https://www.fao.org/worldfood-situation/csdb/en>.

23. Hanhur V. V., Kocherha A. A., Pypko O. S., Yeshchenko V. M., Kabak Y. I., Onoprienko O. V. (2020). Efficiency of stimulators for pre-sowing treatment of winter wheat seeds. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. № (3). P. 40–45. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.03.04>.

24. Marenych, M. M., Hanhur, V. V., Popova, K. M., Liashenko, V. V., & Kabak, Y. I. (2020). Efficacy of humic stimulants in pre-sowing treatment of cereal seeds. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. № (3). P. 70–78. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.03.08>

25. Semenکو, L., Veremeyenko S., Bykin, A., Kucher, L., & Panchuk, T. (2025). Effectiveness of plant growth stimulants for winter wheat in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 28(3), 33–43. <https://doi.org/10.48077/scihor3.2025.33>

26. The International Grains Council has raised its forecast for world wheat production in the 2025/26 season by 3 million tons. (2026). *International Grains Council*. URL: <https://www.tridge.com/news/the-international-grains-council-has-raised--dstkyv>

27. Vitazyme – An All Natural Biostimulant Concentrate. (2012). *Plant Designs*. URL: <http://www.plantdesigns.com/vitazyme/>

Дата першого надходження статті до видання: 24.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 27.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 26.05.2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії
відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 834.84:631.535:631.811.98

DOI <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2026-1-39-47>



Н. М. Зеленьанська

доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник,
заступник директора з науково-інноваційної діяльності,
Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства
імені В.Є. Таїрова» НААН України (м. Одеса, Україна)
e-mail: natalyanikolaevna2019@ukr.net
orcid.org/0000-0002-9303-8686



В. Г. Мавров

аспірант,
Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства
імені В. Є. Таїрова» НААН України (м. Одеса, Україна)
e-mail: vg.mavrov@gmail.com
orcid.org/0009-0005-4655-4257

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ КАЛЮСОГЕНЕЗУ ЩЕП ВИНОГРАДУ НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ПРЕПАРАТІВ

Ключовим етапом у виробництві щеплених саджанців винограду є формування калюсу у зоні «спайки» підщепи та прищепи, який визначає приживлюваність і якість щеп. Процес калюсоутворення залежить від анатомічних особливостей пагонів, полярності, верхівковості та утворення ізолюючого прошарку. Для його інтенсифікації використовують біологічно активні препарати, які стимулюють клітинний поділ, камбіальну активність та рівномірне формування калюсу. Мета роботи полягала у визначенні впливу сучасних біологічно активних препаратів та різних підщепних сортів винограду на інтенсифікацію калюсогенезу щеп. Дослідження проводили в ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН України у 2023–2025 роках. Матеріалом були щепи сортів «Оригінал» та «Загрей», виготовлені на підщепах «РхР 4923», «БхР Кобера 5 ББ 9191» та «БхР СО4 9701». Місце з'єднання компонентів щеп обробляли гелеподібними препаратами Clon M та Clonex Gel і стратифікували у кокосовому субстраті протягом 21 доби. Для кожного варіанту досліду виготовляли по 150 щеп, визначали кількість щеп із круговим калюсом, відбракованих щеп, масу вологого і сухого калюсу, обводнення та вміст сухих речовин калюсної тканини. Результати показали, що застосування БАП підвищувало формування кругового калюсу у «спайці» щеп сорту «Оригінал» на 2,4–10,3 % (Clon M) і на 2,4–5,7 % (Clonex Gel) порівняно з контролем, у сорту «Загрей» – на 4,0–16,0 % залежно від підщепи та препарату. Відсоток відбракованих щеп знижувався до 16,0 %. Найефективнішою підщепою була «БхР Кобера 5 ББ 9191», яка сприяла інтенсифікації формування калюсу щеп: у сорту «Оригінал» на 10,4–17,2 %, у сорту «Загрей» – на 0,5–13,4 % порівняно з контролем. Порівняння сортів показало, що «Загрей» характеризувався кращим калюсоутворенням. Визначення якісних показників калюсу підтвердило підвищення щільності тканини та вмісту сухих речовин після застосування БАП: у варіантах із препаратами Clon M і Clonex Gel обводнення зменшувалося до 79,0–80,55 % порівняно з контролем 89,68–90,32 %, вміст сухих речовин збільшувався до 18,12–20,88 %. Статистична обробка даних підтвердила достовірність впливу факторів: БАП – основний фактор для маси вологого калюсу (частка впливу 88,01 %), маса сухого калюсу визначалась багатофакторно (частка впливу БАП – 54,99 %, підщепи – 11,23 %, сорту винограду – 6,75 %, трифакторна взаємодія – 12,86 %).

Ключові слова: виноград, щепи, біологічно активні препарати, компоненти щеп, калюс, маса вологого калюсу, маса сухого калюсу, обводнення, вміст сухих речовин.

N. M. Zelenianska

Doctor of Agricultural Sciences, Senior Research Scientist,
Deputy Director for Research and Innovation,
National Scientific Centre «V. Ye. Tairov Institute of Viticulture and Winemaking»
NAAS of Ukraine (Odesa, Ukraine)
e-mail: natalyanikolaevna2019@ukr.net
orcid.org/0000-0002-9303-8686

V. G. Mavrov

Graduate Student,
National Scientific Centre «V. Ye. Tairov Institute of Viticulture and Winemaking»
NAAS of Ukraine (Odesa, Ukraine)
e-mail: vg.mavrov@gmail.com
orcid.org/0009-0005-4655-4257

INTENSIFICATION OF CALLOGENESIS IN GRAPEVINE GRAFTED CUTTINGS THROUGH THE APPLICATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE PREPARATIONS

A critical stage in the production of grafted grapevine planting material is the development of callus tissue at the graft union between the rootstock and the scion, as this process determines graft compatibility, survival rate, and overall quality of grafted cuttings. Callogenesis depends on the anatomical characteristics of shoots, polarity, apical dominance, and the formation of an insulating layer. To intensify this process, biologically active preparations (BAP) are applied to stimulate cell division, enhance cambial activity, and promote uniform callus development. The objective of the study was to determine the effect of modern biologically active preparations and different grapevine rootstocks on the intensification of callogenesis in grafted cuttings. The research was conducted at the National Scientific Center "V. Ye. Tairov Institute of Viticulture and Winemaking" of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine in 2023–2025. The experimental material consisted of grafted cuttings of the cultivars «Original» and «Zahrei», produced on the rootstocks «RxR 4923», «Berlandieri × Riparia Kober 5BB 9191», and «Berlandieri × Riparia SO4 9701». The graft union was treated with gel-based preparations Clon M and Clonex Gel and stratified in a coconut substrate for 21 days. For each experimental variant, 150 grafted cuttings were prepared. The number of grafted cuttings with circular callus, rejected grafted cuttings, fresh and dry callus weight, tissue hydration, and dry matter content of the callus tissue were determined. The results showed that the application of BAP increased the formation of circular callus at the graft union of the cultivar 'Original' by 2.4–10.3% (Clon M) and by 2.4–5.7% (Clonex Gel) compared to the control. In the cultivar «Zahrei», the increase ranged from 4.0–16.0%, depending on the rootstock and preparation used. The percentage of rejected grafted cuttings decreased to 16.0%. The most effective rootstock was «Berlandieri × Riparia Kober 5BB 919», which enhanced callogenesis in grafted cuttings of «Original» by 10.4–17.2% and of «Zahrei» by 0.5–13.4% compared to the control. Comparative analysis of the cultivars demonstrated that «Zahrei» exhibited superior callogenic capacity. Assessment of qualitative indicators of callus tissue confirmed an increase in tissue density and dry matter content following BAP application. In treatments with Clon M and Clonex Gel, tissue hydration decreased to 79.0–80.55% compared to 89.68–90.32% in the control, while dry matter content increased to 18.12–20.88%. Statistical analysis confirmed the significance of the studied factors: BAPs were the primary factor influencing fresh callus weight (contribution 88.01%), whereas dry callus weight was determined by multiple factors (BAP contribution – 54.99%, rootstock – 11.23%, grapevine cultivar – 6.75%, three-factor interaction – 12.86%).

Key words: grapevine, grafted cuttings, biologically active preparations, graft components, callus, fresh callus weight, dry callus weight, tissue hydration, dry matter content.

Постановка проблеми. Виноградарсько-виноробна галузь традиційно займає важливе місце в структурі агропромислового виробництва південних регіонів України та окремих зон Закарпаття. Але сучасний стан цієї галузі характеризується низкою проблем, що зумовлюють потребу в кардинальному оновленні насаджень. Закладання нових виноградників і відновлення існуючих у сучасних умовах можливе тільки за умови використання високоякісного щепленого сертифікованого садивного матеріалу біологічних категорій якості – «вихідний», «базовий», «сертифікований» [2, 3, 9]. У більшості розсадницьких господарств країни для виробництва щеплених саджанців винограду застосовують базову технологію, розроблену у 70-х роках минулого століття. До сьогодні вона не зазнала суттєвих змін і забезпечує, у кращому випадку, вихід стандартних саджанців із шкілки на рівні 20–25%. За таких умов виникає необхідність її удосконалення на основі сучасних прийомів і технологічних рішень.

Ключову роль у технології виробництва та вирощування щеплених саджанців винограду відіграє активізація регенераційних, фізіологічних

і біохімічних процесів підщепних і прищепних чубуків винограду на основних етапах.

Після виготовлення щеп винограду між компонентами щеп відбувається тісна взаємодія, внаслідок чого вони взаємно впливають на фізіологічні процеси один одного. Зрощення здерев'янілих живців винограду забезпечується саме через формування калюсної тканини, яка виникає у відповідь на пошкодження тканин під час щеплення.

Формування калюсу та процес зрощення на різних боках чубуків, окремих ділянках зрізів щеп відбуваються нерівномірно. Це зумовлено асиметричною будовою пагонів винограду, проявами їх верхівковості та полярності. На попережному зрізі калюс спочатку формується на черевному та спинному боках, згодом – на плоскому, і пізніше – на жолобковому. Під впливом верхівковості він швидше з'являється в тій частині зрізу, де його площа утворює гострий кут із зовнішньою поверхнею чубука. У ділянці, де цей кут є тупим, калюсоутворення відбувається повільніше. Прояв полярності зумовлює більш ранню появу калюсу на морфологічно нижньому кінці чубука та пізнішу – на верхньому. Саме

тому на зрізі підщепи калюс формується повільніше, ніж на зрізі прищепи. Ще одним ендogenous фактором, який впливає на калюсогенез компонентів щеп, є утворення ізолюючого прошарку. Він виникає внаслідок окислення дихальних хромогенів, присутності мертвих клітин та їх вмісту. Сукупна дія цих чинників може призводити до уповільнення формування анастомозису калюсу та затримки диференціації провідних тканин. У зв'язку з цим актуальним є застосування біологічно активних препаратів (БАП), здатних регулювати інтенсивність клітинного поділу та спрямованість морфогенетичних процесів у зоні спайки щеп. Їх використання активізує камбіальну діяльність, посилює проліферацію паренхімних клітин і забезпечує більш рівномірне формування калюсу на різних ділянках зрізу, незалежно від особливостей дорзівентральної будови пагона. Такі препарати можуть частково нівелювати прояви полярності та верхівковості, що сприяє синхронізації регенераційних процесів, прискоренню формування калюсу та встановлення функціонального зв'язку між компонентами щеп.

Незважаючи на наявні напрацювання, кількість досліджень, у яких детально висвітлено вплив БАП (як позитивний, так і негативний) на інтенсивність і повноту формування калюсної тканини у зоні «спайки» щеп винограду, залишається недостатньою. З огляду на появу нових комплексних БАП широкого спектру дії, що характеризуються високою біологічною активністю та екологічною безпечністю, зумовлює необхідність їх комплексного вивчення, випробування, встановлення найбільш ефективних для виноградного розсадництва та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо практичного застосування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідження щодо підвищення калюсогенезу щеп винограду шляхом застосування БАП на етапі передстратифікації представлені в обмеженій кількості. Але автори наявних праць використовували різні методичні підходи до розв'язання поставлених завдань. Так, Panea T., Ungur I., Panea I., Varga N. V., Mihaiescu T. (Румунія) проводили експериментальну роботу на щепках сорту «Feteasca regala» і вивчали вплив біологічно активного препарату каловіт. Найефективніший спосіб його застосування – короткочасне (1–2 с) занурення щеп у водний розчин. Показано, що препарат сприяв швидкій проліферації калюсної тканини в зоні «спайки» прищепи і підщепи та стимулював клітинний поділ, на відміну від контролю (обробка водою) [13].

Shirani Bidabadi S., Afazel M., Sabbatini P. (Коледж сільського господарства, Ісфаханський технологічний університет, Іран та Мічиганський державний університет, США) досліджували процеси калюсогенезу та формування «спайки» щеп винограду сорту «Asgari» на різних іранських підщепках у відповідь на застосування α -нафтилоцтової кислоти (α -НОК) та 6-бензиламінопурину (6-БАП). Зрізи підщепи і прищепи занурювали в розчини α -НОК (200 та 400 мг/л)

і 6-БАП (250 та 500 мг/л) на 30 хв до проведення кілоподібного щеплення. Найвищий рівень формування калюсу та успішного зрощення компонентів відзначали після обробки компонентів розчинами α -НОК, 200 мг/л + 6-БАП, 500 мг/л. Застосування цих концентрацій стимулювало активність ферментів, пов'язаних із регенерацією тканин, і сприяло більш рівномірному формуванню калюсу по периметру зрізів прищепи і підщепи [15].

Zhou Q., Gao B., Li W.-F., Mao J. та ін. (Ганьсуйський сільськогосподарський університет, Китай) вивчали проблему конкуренції між раннім проростанням вічок прищеп, більш пізнім формуванням калюсу в зоні «спайки» компонентів щеп та недостатнім рівнем коренеутворення. Дослідження проводили на щепках сорту «Каберне Совіньйон», виготовлених на підщепі «Кобера 5 ББ». Варіанти дослідження включали контроль (обробка апікальних частин щеп водою), застосування різних концентрацій препарату хлормефам (CIPC), порошку для вкорінення – АВТ №2 та прийому видалення бруньок. Результати показали, що застосування препарату АВТ у концентрації 250 мг/л пригнічувало проростання вічок прищеп, стимулювало формування калюсу, вкорінення підщепи та забезпечувало найвищий рівень приживання рослин у шкільці. Препарат хлормефам очікуваних позитивних результатів не дав. Технологічний прийом видалення бруньок логічно сприяв кращому формуванню калюсу [16].

Sabir A. (Університет Сельджука, Туреччина) досліджував вплив ризобактерій, що стимулюють ріст рослин (*Pseudomonas putida*, BA-8 та *Bacillus simplex*, T7) на формування калюсу та приживлюваність щеп винограду сорту «Alphonse Lavallée», виготовлених на підщепках «41 В» та «1103 Р». Прищепні компоненти занурювали в бактеріальні суспензії одного зі штамів, їх комбінації або воду (контроль). Результати свідчать, що ризобактерії ефективно стимулювали утворення калюсу: комбіноване застосування штамів BA-8 і T7 забезпечувало 100% калюсування у «спайці», у контролі ці показники дорівнювали 93,3% для «Alphonse Lavallée»/«41 В» та 90,0% для «Alphonse Lavallée»/«1103 Р» [14].

Fayek M. A., Ali A. E. M., Rashedy A. A. (Каїрський університет, Гіза, Єгипет) досліджували вплив видалення ендogenous інгібіторів росту (індоли, феноли та ін.) шляхом замочування компонентів щеп у воді протягом 24 годин і короткого занурення апікальних частин щеп у розчин бензиладеніну (250 мг/л, 30 секунд) на зрощення щеп сортів «Flame Seedless» та «Early Sweet» (*Vitis vinifera*), які виготовляли на підщепі «Freedom». Комбіноване замочування компонентів щеп у воді та їх обробка бензиладеніном значно стимулювало утворення калюсу в зоні «спайки» щеп та супроводжувалось оптимальним балансом індолів, фенолів і регуляцією активності пероксидази [12].

В Україні наукові дослідження з цього питання проводились переважно в ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН України у різні періоди.

Так, Шерер В. О., Гадієв Р. Ш., Просянник А. В., Москаленко А. С. та ін. для ініціації утворення калюсу, провідної системи, покращення переміщення поживних речовин між компонентами щеп і підвищення виходу щеплених саджанців практикували спосіб занурення (на 1,0-1,5 с) апікальних частин щеп винограду сорту «Сухолиманський білий», «Одеський сувенір» у водні розчини мезо-інозиту різних концентрацій (0,005-0,01%) та янтарної кислоти (0,0025%). Показано, що застосування цього прийому забезпечувало отримання додаткової продукції на 3,0-4,0% більше, порівняно з контрольними та еталонними варіантами [10, 11].

Кучер Г. М. із співробітниками проводили передстратифікаційну обробку щеп винограду сортів «Одеський чорний», «Каберне Совіньйон», «Аркадія», чубуків різних сортів підщеп шляхом занурення апікальної частини на 1-2 секунди перед парафінуванням у розчини різних БАП: гумісол (10%), реакор (0,1%), емістим (0,01%), агростимулін (0,01%), йодіс (0,2%), Реастим-ріст (0,15%), сизам (0,5%), валміцин (0,5%), їх суміші, що значно підвищувало утворення калюсу та ступінь зрощення компонентів щеп. У результаті формувалася калюс щільнішої структури, вміст сухих речовин збільшувався в 1,6-1,8 рази порівняно з контролем (обробка апікальних частин щеп водою); відповідно знижувався рівень його обводнення. Така якість калюсної тканини є важливою для подальшого розвитку щеп, оскільки сприяє кращому збереженню вологи під час висаджування у шкільку [3, 4, 5, 6, 7, 8].

Артюх М. М., Якуба І. П., Ружицька О. М. та ін. (ННЦ «ІВІВ ім. В. Є. Таїрова» НААН, ОНУ ім. І. І. Мечникова НАН) досліджували вплив цитокінінвмісних препаратів X-Cyte (0,04% кінетину) та MC Set (0,06% природних цитокінінів) на процеси калюсогенезу щеп винограду сорту «Сухолиманський білий», підщепи «Ріпарія x Рупестріс 101-14». Встановлено, що їх застосування за комплексною схемою обробки стимулювало утворення калюсної тканини та підвищувало інтенсивність формування «спайки» компонентів. Найвищу ефективність щодо активізації калюсогенезу було встановлено для препарату MC Set (0,06% цитокінінів) [1].

Отже, аналіз літературних джерел показує, що передстратифікаційна обробка щеп винограду із застосуванням різних БАП і фізіологічних активних речовин ефективно стимулює утворення калюсу та формує зону «спайки». Незалежно від типу препаратів і способів обробки підвищується активність клітинного поділу, забезпечується більш рівномірне формування калюсу що супроводжується покращенням приживлюваності щеп у шкільці. Але кількість наукових досліджень з цього питання є обмеженою, а більшість робіт виконана на окремих сортах та підщепах, що зумовлює недостатнє відпрацювання технологічних схем для широкого застосування в розсадництві.

Мета статті. Визначити вплив сучасних біологічно активних препаратів ауксинової природи

та різних підщепних сортів винограду на інтенсифікацію калюсогенезу щеп.

Методика дослідження. Робота виконувалась у Національному науковому центрі «Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова» НААН України у відділі розсадництва, розмноження і біотехнології винограду протягом 2023 – 2025 років.

Матеріалом для роботи були щепи винограду сортів «Оригінал» (столовий сорт) та «Загрей» (технічний сорт), які виготовляли на підщепах «Ріпарія x Рупестріс 4923» («РхР 4923»), «Берландієрі x Ріпарія Кобера 5ББ 9191» («БхР Кобера 5ББ 9191»), «Берландієрі x Ріпарія СО4 9701» («БхР СО4 9701»).

Щепи виготовляли на прищеплювальних машинках типу «Омега».

Після виготовлення щеп місце з'єднання підщепи і прищепи обробляли гелеподібними біологічно активними препаратами *Clon M* та *Clonex Gel* і розміщували у стратифікаційній камері на 21 добу. Стратифікацію щеп проводили закритим способом на кокосовому субстраті (схема).

Для кожного варіанту досліду було виготовлено по 150 шт. щеп.

Після проведення стратифікації визначали: кількість щеп з круговим калюсом (шт.,%), кількість відбракованих щеп (шт.,%), масу вологого, сухого калюсу (г), обводнення та вміст сухих речовин (%).

Достовірність отриманих результатів оцінювали за допомогою дисперсійного аналізу з використанням програми *StatSoft Statistica*.

Clonex Gel (клонекс) – гель для укорінення рослин, до складу якого входять індоліл-3-масляна кислота, вітаміни і мінеральні речовини (*Виробник: Growth Technology, Англія*).

Clon-M – регулятор росту рослин з групи ауксинів, до складу якого входять індоліл-3-масляна кислота в концентрації 0,3%, вітаміни, мікроелементи, захисні препарати (*Виробник: Майстерня Winestry, Україна*).

Основні результати дослідження. Аналіз отриманих результатів свідчить про чітку залежність формування кругового калюсу щеп винограду та рівня відбракованих щеп від біологічно активних препаратів, які застосовували, підщепи та сорту. Загалом використання БАП забезпечувало кращі результати порівняно з контролем (рис. 1).

Рис. 1. Вплив біологічно активних препаратів на рівень калюсоутворення щеп винограду сорту «Оригінал» (середнє за 2023-2025 рр.)

У сорту «Оригінал» застосування *Clon M* забезпечувало підвищення частки щеп з круговим калюсом, порівняно з контролем, на 4,3-10,3% залежно від підщепи. За використання *Clonex Gel* перевищення над контролем дорівнювало 5,7% на підщепі «БхР СО₄ 9701», 2,4% на підщепі «РхР 4923» та 4,6% на підщепі «БхР Кобера 5ББ 9191» При цьому кількість відбракованих щеп (без кругового калюсу) у варіантах із БАП була меншою за контроль на 5,7-21,5%.

У сорту «Загрей» дія препаратів проявлялася більш виражено (рис. 2).

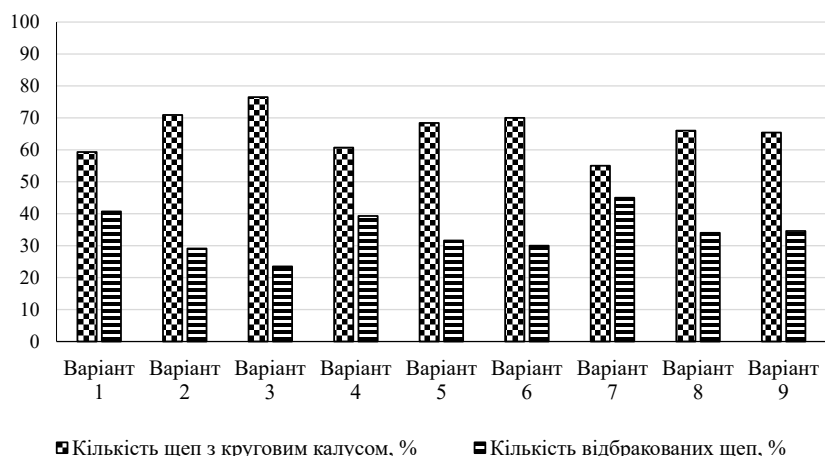


Рис. 1. Вплив біологічно активних препаратів на рівень калюсоутворення щеп винограду сорту «Оригінал» (середнє за 2023-2025 рр.)

Схема дослідження:

Варіанти дослідю	Сорт	Підщеча	БАП
Варіант 1	«Оригінал»	«БхР СО4 9701»	Clon M
Варіант 2	«Оригінал»	«РхР 4923»	Clon M
Варіант 3	«Оригінал»	«БхР Кобера 5 ББ 9191»	Clon M
Варіант 4	«Оригінал»	«БхР СО4 9701»	Clonex Gel
Варіант 5	«Оригінал»	«РхР 4923»	Clonex Gel
Варіант 6	«Оригінал»	«БхР Кобера 5 ББ 9191»	Clonex Gel
Варіант 7	«Оригінал»	«БхР СО4 9701»	Контроль
Варіант 8	«Оригінал»	«РхР 4923»	Контроль
Варіант 9	«Оригінал»	«БхР Кобера 5 ББ 9191»	Контроль
Варіант 10	«Загрей»	«БхР СО4 9701»	Clon M
Варіант 11	«Загрей»	«РхР 4923»	Clon M
Варіант 12	«Загрей»	«БхР Кобера 5 ББ 9191»	Clon M
Варіант 13	«Загрей»	«БхР СО4 9701»	Clonex Gel
Варіант 14	«Загрей»	«РхР 4923»	Clonex Gel
Варіант 15	«Загрей»	«БхР Кобера 5 ББ 9191»	Clonex Gel
Варіант 16	«Загрей»	«БхР СО4 9701»	Контроль
Варіант 17	«Загрей»	«РхР 4923»	Контроль
Варіант 18	«Загрей»	«БхР Кобера 5 ББ 9191»	Контроль

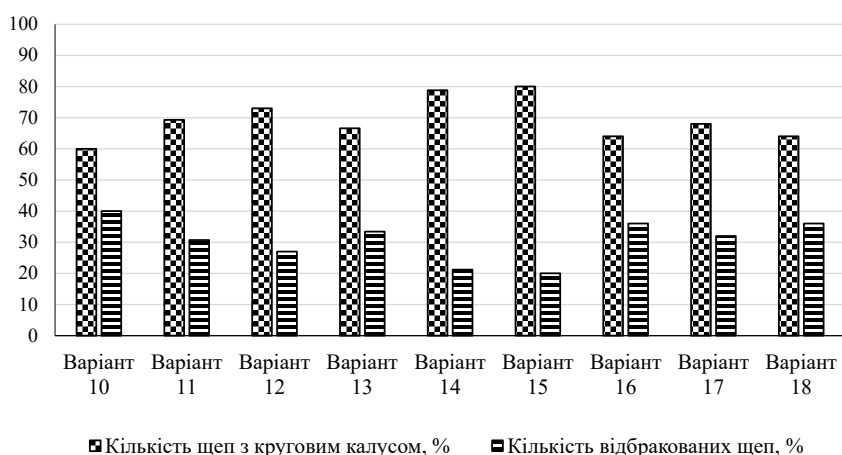


Рис. 2 Вплив біологічно активних препаратів на рівень калюсоутворення щеп винограду сорту «Загрей» (середнє за 2023-2025 рр.)

Застосування *Clon M* підвищувало частку щеп із круговим калюсом, порівняно з контролем, на 4,0–9,0%. Використання *Clonex Gel* забезпечувало збільшення цього показника на 2,6% («БхР СО₄ 9701»), 10,8% («РхР 4923») та 16,0% («БхР Кобера 5 ББ 9191») порівняно з контролем. Відсоток відбракованих щеп при цьому знижувався на 2,6–16,0% залежно від комбінацій. Найбільша різниця відзначена у комбінації «Загрей» × «БхР Кобера 5 ББ 9191», де застосування *Clonex Gel* зменшувало кількість відбракованих щеп на 16,0% порівняно з контролем.

Незалежно від препарату на показник повноти утворення калюсу у «спайці» щеп винограду впливав і сорт підщепи. На підщепі «БхР СО₄ 9701» формування кругового калюсу було найгіршим. Порівняно з нею підщепа «РхР 4923» забезпечувала збільшення цього показника у сорту «Оригінал» на 9,0–11,6%, у сорту «Загрей» – на 4,0–8,8%. Підщепа «БхР Кобера 5 ББ 9191» перевищувала «СО₄ 9701» за показником калюсоутворення у сорту «Оригінал» на 10,4–17,2%, у сорту «Загрей» – на 0–13,4%. Порівняно з «РхР 4923» перевага «БхР Кобера 5 ББ 9191» сягала 5,6% у сорту «Оригінал» і 4,2% у сорту «Загрей» (за використання БАП). Відсоток відбракованих щеп на «БхР Кобера 5 ББ 9191» був меншим порівняно з «БхР СО₄ 9701» на 5,0–20,0% залежно від сорту та препарату. Порівняно з підщепою «РхР 4923» кількість відбракованих щеп також знижувалась, різниця була до 10,8% у сорту «Оригінал» і до 12,0% у сорту «Загрей», залежно від варіанту досліду.

Порівняння сортів за однакових комбінацій підщеп і препаратів показало, що сорт «Загрей»

у переважній більшості випадків мав більший відсоток щеп з круговим калюсом (0,7–10,4%) і нижчий рівень відбракованих щеп, ніж сорт «Оригінал». Найбільша різниця була у варіанті з *Clonex Gel* на підщепі «БхР Кобера 5 ББ 9191», де показник був вищим на 10,0%. На підщепі «РхР 4923» різниця на користь сорту «Загрей» становила 2,0–10,4% залежно від препарату. Відсоток відбракованих щеп у сорту «Загрей» у більшості комбінацій був нижчим на 2,0–10,0% порівняно з сортом «Оригінал», особливо після застосування *Clonex Gel*. Ця тенденція зберігалася як за використання стимуляторів, так і в контрольних варіантах, що свідчить про вищу реакцію сорту «Загрей» на умови щеплення та його кращу сумісність із досліджуваними підщепами.

Таким чином, кількісний аналіз підтверджує, що застосування БАП підвищувало формування кругового калюсу у «спайці» щеп винограду на 2,4–16,0% і зменшувало відсоток відбракованих щеп до 16,0% порівняно з контролем. Найефективнішою підщепою була «БхР Кобера 5 ББ 9191», а сорт «Загрей» у більшості варіантів мав перевагу, за досліджуваними показниками, над сортом «Оригінал».

Важливою умовою для формування якісних щеп є утворення калюсу з підвищеним вмістом сухих речовин і помірним рівнем обводнення. Такий калюс характеризується більшою щільністю, кращою диференціацією клітин і здатністю до формування провідних елементів між підщепою та прищепою. Надмірно обводнений калюс має пухку структуру та гірше диференціюється. Визначення якісних показників калюсної тканини показало, що в обох сортів у контрольних

Таблиця 1

Вплив біологічно активних препаратів на якісні показники калюсної тканини щеп винограду (середнє за 2023-2025 рр.)

Варіанти досліду	Маса вологого калюсу, г	Маса сухого калюсу, г	Обводнення калюсу, %	Вміст сухих речовин калюсу, %
Варіант 1	0,9445±0,0055	0,1512±0,0010	79,33	20,67
Варіант 2	0,8947±0,0067	0,1035±0,0012	79,12	20,88
Варіант 3	0,9235±0,0045	0,1302±0,0022	79,33	20,67
Варіант 4	0,8999±0,0062	0,0954±0,0031	80,44	19,55
Варіант 5	0,8856±0,0060	0,0810±0,0019	80,46	19,54
Варіант 6	0,9254±0,0067	0,1199±0,0018	80,55	19,45
Варіант 7	0,9793±0,0084	0,0811±0,0024	89,81	10,18
Варіант 8	0,9855±0,0072	0,0871±0,0030	89,84	10,16
Варіант 9	0,9912±0,0081	0,0880±0,0027	90,32	9,68
Варіант 10	0,9132±0,0067	0,1084±0,0031	80,47	19,52
Варіант 11	0,9014±0,0080	0,1013±0,0027	80,01	19,99
Варіант 12	0,9325±0,0079	0,1289±0,0016	80,36	19,63
Варіант 13	0,8887±0,0087	0,0699±0,0024	81,88	18,12
Варіант 14	0,8990±0,0090	0,0820±0,0018	81,69	18,30
Варіант 15	0,8745±0,0065	0,0598±0,0015	81,47	18,53
Варіант 16	0,9888±0,0081	0,0811±0,0011	90,77	9,23
Варіант 17	0,9711±0,0074	0,0754±0,0013	89,57	10,43
Варіант 18	0,9999±0,0087	0,0980±0,0022	90,18	9,811
НІР ₀₅	0,005	0,001		

варіантах формувалася найбільш обводнений калюс (табл. 1).

У сорту «Оригінал» рівень обводнення калюсу щеп контрольних варіантів знаходився у межах 89,7–90,3 %, після застосування *Clon M* він знижувався до 79,0 %, після застосування *Clonex Gel* – до 79,5–80,6 %. Тобто, використання біологічно активних препаратів зменшувало обводнення калюсної тканини на 9,1–10,9 % порівняно з контролем. У сорту «Загрей» спостерігалася аналогічна закономірність.

Вміст сухих речовин у калюсі щеп винограду змінювався залежно від БАП, що застосовували, сорту винограду та підщеп і знаходився у межах від 9,2 до 20,9 %. Найменші показники були характерні для контрольних варіантів (9,7–10,4 %) через високий рівень обводнення калюсу, застосування препаратів *Clon M* та *Clonex Gel* збільшувало вміст сухих речовин до 18,1–20,9 %, що свідчить про формування більш щільного та морфологічно зрілого калюсу. Для сорту «Оригінал» максимальний вміст сухих речовин 20,9 % був характерний для комбінації з підщепою «РхР 4923» та препаратом *Clon M*, у сорту «Загрей» – 19,6 % – для комбінації «БхР Кобера 5 ББ 9191» та препаратом *Clon M*.

Після аналізу експериментального матеріалу був проведений багатофакторний дисперсійний аналіз. Основними факторіальними ознаками, які впливали на формування функціональних показників були: БАП (фактор 1), сорт винограду (фактор 2) та підщепа (фактор 3). На показник формування кругового калюсу щеп винограду статистично достовірний вплив мали усі досліджувані фактори та їх взаємодії ($p = 0,00$ для всіх ефектів) (рис. 3).

Це підтверджує значущість як окремих факторів, так і їх комбінованої дії. Найбільший внесок у варіацію ознаки мав фактор 3, частка впливу якого дорівнювала 51,57% ($F = 17044,85$). Це свідчить про його основну роль у формуванні кількості щеп з круговим калюсом. Суттєвий вплив мали і взаємодії факторів. Найбільший внесок серед них забезпечила взаємодія фактор 1 × фактор 2 – 10,44%, що свідчить про важливість поєднання цих умов.

На показник маси вологого калюсу основний вплив мав фактор 1 (БАП), частка впливу якого дорівнювала 88,0% загальної варіації ($F = 336900,0$; $p < 0,001$). Внесок інших основних факторів був незначним: 0,5–3,0%. Частка похибки була мінімальною (0,005%), що свідчить про високу точність експерименту та надійність отриманих результатів.

На показник маси сухого калюсу основний вплив також мав фактор 1 (54,9%; $F = 6085,339$; $p < 0,001$), суттєвими були і два інші фактори 2 (6,7% – фактор 2) і 3 (11,2% – фактор 3) та трифакторна взаємодія (12,8%). Частка похибки

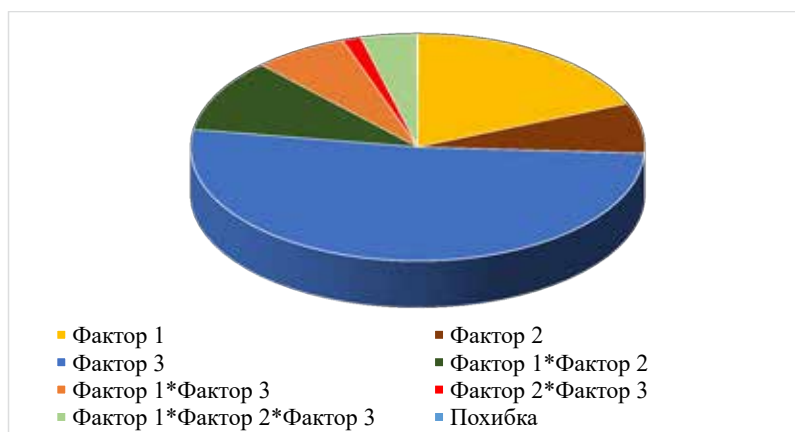


Рис. 3. Вплив факторіальних ознак на формування кругового калюсу у «спайці» щеп винограду

становила 0,2%, що підтверджує високу достовірність результатів.

Висновки. Формування повноцінного кругового калюсу щеп винограду визначається комплексною дією БАП, підщепи та сорту винограду. Застосування БАП підвищувало рівень калюсоутворення на 2,4–16,0% порівняно з контролем; найбільш виражена реакція була характерна для щеп сорту «Загрей». Використання різних підщеп також впливало на формування калюсу. Найкраще він формувалася у щеп, виготовлених на підщепі «БхР Кобера 5 ББ 9191». Порівняно із підщепою «БхР СО4 9701» збільшення цього показника дорівнювало 10,4–17,2% у сорту «Оригінал» і 0,5–13,4% у сорту «Загрей». Більший відсоток щеп із круговим калюсом, у більшості комбінацій, було у сорту «Загрей» (на 0,7–10,4%) порівняно з сортом «Оригінал».

Фактичні показники маси калюсу підтверджують наведені вище закономірності. Маса вологого калюсу змінювалася залежно від БАП, які застосовували та підщепи. Найбільш значення цього показника були після використання *Clonex Gel* на підщепі «РхР 4923» та «БхР Кобера 5 ББ 9191». Маса сухого калюсу була більшою у тих же комбінаціях, що свідчить більшу його щільність і диференціацію. Рівень обводнення калюсу зменшувався на 3,9–10,9% порівняно з контролем, вміст сухих речовин змінювався від 9,2 до 20,8%, найбільші значення були у комбінаціях *Clonex Gel* із відповідними підщепами для кожного сорту.

Статистична обробка отриманих даних підтвердила, що описані закономірності є достовірними. За результатами багатофакторного дисперсійного аналізу встановлено статистично достовірний вплив усіх досліджуваних факторів (БАП – фактор 1, сорт винограду – фактор 2, підщепа – фактор 3) та їх взаємодій на показники формування калюсу ($p < 0,001$). Маса вологого калюсу визначалася переважно дією одного домінуючого фактора – БАП (88,0% загальної варіації), внесок інших факторів та їх взаємодій був незначним. Маса сухого калюсу характеризувалася більш складною багатофакторною

структурою впливів: основну роль відігравав фактор 1 (54,9%), суттєве значення мали й інші фактори (6,7–11,2%) та їх трифакторна взаємодія (12,8%). Мінімальна частка похибки (0,005–0,16%) свідчить про високу точність експерименту та адекватність статистичної моделі.

Література

1. Артюх М. М., Якуба І. П., Ружицька О. М., Назарчук Ю. С., Степаненко Н. І. Ефективність препаратів цитокинінів для покращення калюсогенезу та фізіологічного стану щеп винограду (*Vitis vinifera* L.). *Вісник Одеського національного університету. Біологія*. 2023. Т. 28. № 2 (53). С. 9–27. [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2023.2\(53\).292971](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2023.2(53).292971)

2. Зеленианська Н. М. Сучасна класифікація та вимоги до садивного матеріалу винограду. *Виноград*. 2008. № 8. С. 26–28.

3. Зеленианська Н. М., Мандич О. М. Удосконалення етапу вимочування компонентів щеп винограду на основі застосування суспензії живої хлорели. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 126. С. 51–60. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.8>

4. Кучер Г. М., Новицька-Боровська Н. А. Ефективний спосіб стимулювання коренеутворення і розвитку чубуків та щеп винограду. *Аграрна наука–виробництво*. 2006. № 4. С. 19.

5. Кучер Г. М., Мазура В. Ю. Вплив фізіологічно активних речовин на регенераційні процеси в тканинах щеп винограду. *Виноградарство і виноробство*. 2006. Вип. 46 (1). С. 53–58.

6. Кучер Г. М., Артюх М. М. Ефективність застосування фізіологічно активних речовин у технології виробництва саджанців винограду. *Виноград. Вино*. 2013. № 4. С. 48–49.

7. Кучер Г. М., Артюх М. М., Нікульча Є. В. Ефективність застосування мікродобрива Сизам на технологічних етапах виробництва саджанців винограду. *Виноградарство і виноробство*. 2012. Вип. 49. С. 101–106.

8. Кучер Г. М., Артюх М. М., Нікульча Є. В. Роль біопрепарату Валміцин на технологічних етапах виробництва саджанців винограду. *Виноградарство і виноробство*. 2011. Вип. 48. С. 67–76.

9. Система сертифікованого виноградного розсадництва України : монографія / В. В. Власов та ін. Київ: Аграрна наука, 2015. 288 с.

10. Шерер В. О., Кучер Г. М., Просяник А. В., Москаленко А. С. Екологічно безпечні регулятори росту. *Виноградарство і виноробство*. 1992. Вип. 35. С. 26–28.

11. Шерер В. О. Використання фізіологічних і біохімічних параметрів тканин підщепи і прищепи винограду для прогнозування калюсоутворення. *Виноградарство і виноробство*. 1994. Вип. 37. С. 11–14.

12. Fayek M. A., Ali A. E. M., Rashedy A. A. Water soaking and benzyladenine as strategy for improving grapevine grafting success. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal*. 2022. Vol. 44, No. 3. Art. e-946. DOI: 10.1590/0100-29452022946.

13. Panea T., Ungur I., Panea I., Varga N.V., Mihaiescu T. The stimulation of callus formation of graft vines cuttings with Romanian bioregulator Calovit.

Acta Hort. 1998. Vol. 463. P. 185–190. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.463.21>

14. Sabir A. Improvement of grafting efficiency in hard grafting grape Berlandieri hybrid rootstocks by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). *Scientia Horticulturae*. 2013. Vol. 164. P. 24–29. DOI: 10.1016/j.scienta.2013.08.035.

15. Shirani Bidabadi S., Afazel M., Sabbatini P. Iranian grapevine rootstocks and hormonal effects on graft union, growth and antioxidant responses of Asgari seedless grape. *Horticultural Plant Journal*. 2018. Vol. 4, No. 1. P. 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2017.11.002>

16. Zhou Q., Gao B., Li W.-F., Mao J., Yang S.-J., Li W., Ma Z.-H., Zhao X., Chen B.-H. Effects of exogenous growth regulators and bud picking on grafting of grapevine hard branches. *Scientia Horticulturae*. 2020. Vol. 264. Art. 109186. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109186.

References

1. Artiukh, M. M., Yakuba, I. P., Ruzhytska O. M., Nazarchuk, Yu. S., & Stepanenko, N. I. (2023). Efektyvnist preparativ tsytokiniv dlia pokrashchenia kaliusohenezu ta fiziolohichnoho stanu shchep vynohradu (*Vitis vinifera* L.) [Effectiveness of cytokinin preparations for improving callusogenesis and physiological state of grape cuttings (*Vitis vinifera* L.)]. *Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu. Biolohiia*, 28, 2(53), 9–27. [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2023.2\(53\).292971](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2023.2(53).292971) [in Ukrainian].

2. Zelenianska, N. M. (2008). Suchasna klasyfikatsiia ta vymohy do sadyvnoho materialu vynohradu [Modern classification and requirements for grape planting material]. *Vynohrad*, 8, 26–28 [in Ukrainian].

3. Zelenianska, N. M., & Mandych, O. M. (2022). Udoskonalennia etapu vymochuvannia komponentiv shchep vynohradu na osnovi zastosuvannia suspensii zhyvoi khlorely [The improvement of the stage of grape graft components soaking based on the application of live chlorella suspension]. *Tavriskyyi naukovyi visnyk*, 126, 51–60. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.8> [in Ukrainian].

4. Kucher, H. M., & Novytska-Borovska, N. A. (2006). Efektyvnyi sposib stymuliuвання koreneutvorennia i rozvytku chubukiv ta shchep vynohradu [An Effective Method for Stimulating Root Formation and Development of Grapevine Cuttings and Grafts]. *Ahrarna nauka–vyrobnytstvo*, 4, 19 [in Ukrainian].

5. Kucher, H. M., & Mazura, V. Yu. (2006). Vplyv fiziolohichno aktyvnykh rehovyn na reheneratsiini protsesy v tkanynakh shchep vynohradu [Influence of physiologically active substances on regeneration processes in grape graft tissues]. *Vynohradarstvo i vynorobstvo*, 46 (1), 53–58 [in Ukrainian].

6. Kucher, H. M., & Artiukh, M. M. (2013) Efektyvnist zastosuvannia fiziolohichno aktyvnykh rehovyn u tekhnolohii vyrobnytstva sadzhantsiv vynohradu [The effectiveness of the use of physiologically active substances in the technology of grape seedling production]. *Vynohrad. Vyno*, 4, 48–49 [in Ukrainian].

7. Kucher, H. M., Artiukh, M. M., & Nikulcha, Ye. V. (2012). Efektyvnist zastosuvannia mikrodobryva Syzam na tekhnolohichnykh etapakh vyrobnytstva

sadzantsiv vynohradu [The effectiveness of using Sizam microfertilizer at the technological stages of grape seedling production]. *Vynohradarstvo i vynorobstvo*, 49, 101–106 [in Ukrainian].

8. Kucher, H. M., Artiukh, M. M., & Nikulcha, Ye. V. (2011). Rol biopreparatu Valmitsyn na tekhnolohichnykh etapakh vyrobnytstva sadzhantsiv vynohradu [The role of the biopreparation Valmitsyn at technological stages of grape seedling production]. *Vynohradarstvo i vynorobstvo*, 48, 67–76 [in Ukrainian].

9. Vlasov, V. V., ta in. (2015). Systema ser-tyfikovanoho vynohradnoho rozsadnytstva Ukrainy : monohrafiia [System of certified grape nurseries of Ukraine: monograph]. Kyiv: Ahrarna nauka, 228 [in Ukrainian].

10. Sherer, V. O., Kucher, H. M., Prosiannyk, A. V., & Moskalenko, A. S. (1992) Ekolohichno bezpechni rehuliatory rostu [Environmentally safe growth regulators]. *Vynohradarstvo i vynorobstvo*, 35, 26–28 [in Ukrainian].

11. Sherer, V. O. (1994). Vykorystannia fiziolo-hichnykh i biokhimichnykh parametriv tkanyn pidshchepy i pryshchepy vynohradu dlia prohozuvannia kaliusoutvorennia [Using physiological and biochemical parameters of grape rootstock and scion tissues to predict callus formation]. *Vynohradarstvo i vynorobstvo*, 37, 11–14 [in Ukrainian].

12. Fayek, M. A., Ali, A. E. M., & Rashedy, A. A. (2022). Water soaking and benzyladenine as strategy for improving grapevine grafting success. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*. 44 (3). Article e-946. <https://doi.org/10.1590/0100-29452022946>.

13. Panea, T., Ungur, I., Panea, I., Varga, N. V., & Mihaiescu, T. (1998). The stimulation of callus formation of graft vines cuttings with Romanian bioregulator Calovit. *Acta Horticulturae*. 463. 185–190. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.463.21>

14. Sabir, A. (2013). Improvement of grafting efficiency in hard grafting grape Berlandieri hybrid rootstocks by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). *Scientia Horticulturae*. 164. 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.08.035>

15. Shirani Bidabadi, S., Afazel, M., & Sabbatini, P. (2018). Iranian grapevine rootstocks and hormonal effects on graft union, growth and antioxidant responses of Akgari seedless grape. *Horticultural Plant Journal*. 4 (1), 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2017.11.002>

16. Zhou, Q., Gao, B., Li, W.-F., Mao, J., Yang, S.-J., Li, W., Ma, Z.-H., Zhao, X., & Chen, B.-H. (2020). Effects of exogenous growth regulators and bud picking on grafting of grapevine hard branches. *Scientia Horticulturae*. 264. Article 109186. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109186>.

Дата першого надходження статті до видання: 17.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 27.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 26.05.2026



В. П. Карпенко

доктор сільськогосподарських наук, професор,
проректор з наукової та інноваційної діяльності
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: v-biology@ukr.net,
orcid.org/0000-0001-5607-7371



Р. М. Притуляк

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри біології
Уманський національний університет
(м. Умань, Україна)
E-mail: radak7484402@ukr.net
orcid.org/0000-0001-7572-6904



О. О. Коробко

кандидат сільськогосподарських наук,
старший викладач кафедри агрономії, біології та екології
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького
(м. Черкаси, Україна)
E-mail: a.korobko1990@gmail.com
orcid.org/0000-0002-4111-9003

ПРОДУКЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО ЗА ІНТЕГРОВАНОЇ ДІЇ ГЕРБІЦИДІВ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН

Актуальним завданням аграрного виробництва є розробка технологій, що сприяють підвищенню урожайності сільськогосподарських культур за одночасного мінімального впливу на навколишнє середовище й здоров'я людини. Елементами таких технологій можуть слугувати інтегровані схеми використання гербіцидів і регуляторів росту рослин.

Мета статті – дослідити інтегровану дію гербіцидів Кайвер (15; 20; 25; 30 г/га) і Пума супер (0,6; 0,8; 1,0; 1,2 л/га) з регулятором росту рослин Радостим (50 мл/га) на врожайність і якість зерна тритикале озимого.

Польові та лабораторні дослідження виконували упродовж 2024–2025 років. Дію гербіцидів Кайвер (Трибенурон-метил 750 г/кг, виробник – Solantis, Іспанія), Пума супер (феноксапроп-П-етил, 69 г/л + мефенпір-діетил 75 г/л (антидот), виробник – Bayer, Німеччина) і регулятора росту рослин Радостим (продукти життєдіяльності грибів-мікроміцетів (насичені і ненасичені жирні кислоти (C₁₄-C₂₈), полісахариди, 15 амінокислот, аналоги фітогормонів цитокінінової та фуксिनної природи) – 0,3 г/л, комплекс біогенних мікроелементів – 1,75 г/л, калієва сіль альфа-нафтилоцтової кислоти – 1 мг/л, виробник – Агробіотех, Україна) вивчали в посівах тритикале озимого сорту Гарне.

Польові дослідження закладали систематичним методом. Повторність дослідження – триразова. Норма висіву тритикале озимого сорту Гарне складала 4 млн. схожих насінин на гектар. Гербіциди і регулятор росту рослин застосовували у фазу повного куціння культури з нормами витрати Кайвер – 15; 20; 25; 30 г/га, Пума супер – 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 л/га, Радостим вносили в нормі 50 мл/га. Обприскування посівів виконували акумуляторним ранцевим обприскувачем DS-3WF-3 із розрахунку витрати робочої суміші 200 л/га.

Встановлено, що інтегрована дія гербіцидів Кайвер, Пума супер з регулятором росту рослин Радостим забезпечує належне формування урожайності зерна тритикале озимого і його якості, зокрема гербіцид Кайвер у нормі 25 г/га, Пума супер у нормі 1,0 л/га, внесені в комплексі з регулятором росту рослин Радостим у нормі 50 мл/га, забезпечили в середньому за роки досліджень зростання врожайності зерна тритикале озимого відповідно на 19 і 25%, маси тисячі зерен – 4 і 6%, маси зерна – 1 і 2%, вмісту білка в зерні – 1,7 і 1,1%.

Ключові слова: гербіцид, регулятор росту рослин, тритикале озиме, урожай, маса тисячі зерен, натура зерна.

V. P. Karpenko

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Vice-Rector for Scientific and Innovative Activities
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: v-biology@ukr.net
orcid.org/0000-0001-5607-7371

R. M. Prytuliak

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Biology, Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: radak7484402@ukr.net
orcid.org/0000-0001-7572-6904

O. O. Korobko

Candidate of Agricultural Sciences,
Lecturer at the Department of Agronomy, Biology, and Ecology
Bohdan Khmelnytsky National University (Cherkasy, Ukraine)
E-mail: a.korobko1990@gmail.com
orcid.org/0000-0002-4111-9003

YIELD INDICATORS OF WINTER TRITICALE UNDER THE INTEGRATED ACTION OF HERBICIDES AND PLANT GROWTH REGULATORS

The current task of agricultural production is to develop technologies that contribute to increasing crop yields while minimising the impact on the environment and human health. Integrated schemes for the use of herbicides and plant growth regulators can serve as elements of such technologies.

The purpose of the article is to study the integrated action of herbicides Kaiver (15; 20; 25; 30 g/ha) and Puma Super (0.6; 0.8; 1.0; 1.2 l/ha) with the plant growth regulator Radostim (50 ml/ha) on the yield and quality of winter triticale grain.

Field and laboratory experiments were conducted during 2024–2025. The effect of the herbicides Kaiver (Tribenuron-methyl 750 g/kg, manufacturer – Solantis, Spain), Puma Super (fenoxaprop-P-ethyl, 69 g/l + mefenpir-diethyl 75 g/l (antidote), manufacturer – Bayer, Germany) and the plant growth regulator Radostim (products of the vital activity of microfungi (saturated and unsaturated fatty acids (C14–C28), polysaccharides, 15 amino acids, analogues of cytokinin and fusin phytohormones)) – 0.3 g/l, complex of biogenic microelements – 1.75 g/l, potassium salt of alpha-naphthylacetic acid – 1 mg/l, manufacturer – Agrobiotech, Ukraine) were studied in crops of winter triticale variety Garne.

Field experiments were conducted using a systematic method. The experiment was repeated three times. The sowing rate for the winter triticale variety Garne was 4 million viable seeds per hectare. Herbicides and plant growth regulators were applied during the full tillering phase of the crop at rates of 15, 20, 25, and 30 g/ha for Kaiver; 0.6, 0.8, 1.0, and 1.2 l/ha for Pumi Super; and 50 ml/ha for Radostim. The crops were sprayed using a DS-3WF-3 battery-powered backpack sprayer at a rate of 200 l/ha of working mixture.

It has been established that the integrated action of the herbicides Kaiver and Puma Super with the plant growth regulator Radostim ensures the proper formation of winter triticale grain yield and quality, in particular, the herbicide Kaiver at a rate of 25 g/ha, Puma Super at a rate of 1.0 l/ha, applied in combination with the plant growth regulator Radostim at a rate of 50 ml/ha, ensured an average increase in winter triticale grain yield of 19 and 25%, respectively, over the years of research, with an increase in thousand-grain weight of 4 and 6%, grain nature – 1 and 2%, and grain protein content – 1.7 and 1.1%.

Key words: herbicide, plant growth regulator, winter triticale, yield, thousand-grain weight, grain yield.

Постановка проблеми. Нині актуальним завданням аграрного виробництва є розробка технологій, що сприяють підвищенню урожайності сільськогосподарських культур за одночасного мінімального впливу на навколишнє середовище й здоров'я людини. Елементами таких технологій можуть слугувати інтегровані схеми використання гербіцидів і регуляторів росту рослин [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Доведено, що за обґрунтованого і раціонального використання гербіцидів урожай сільськогосподарських культур та його якість суттєво зростають [3, 4], адже при цьому нівелюється конкуренція з боку бур'янів за основні чинники: вологу, мінеральне живлення сонячне світло тощо [5]. Водночас сучасні досягнення науки дають можливість оптимізувати норми внесення гербіцидів у бік мінімізації за рахунок поєднання їх використання з регуляторами росту рослин нового покоління. Встановлено, що регулятори росту рослин є індукторами фітостійкості рослин з морфорегуляторними і біозахисними властивостями. У відношенні до культурних

рослин вони виявляють індуктивну антистресову, імуностимулювальну і антимутагенну дію [6, 7], стимулюють імунітет рослин, чим забезпечують в агроценозах біолого-екологічну рівновагу. У підсумку це все сприяє підвищенню урожайності сільськогосподарських культур і його якості на фоні зниження норм використання хімічного агента на 25–40% [8, 9]. Водночас аналіз наукової літератури засвідчує роздрібненість експериментальних даних стосовно інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин на врожайність і якість зерна тритикале озимого. У зв'язку з цим завданням наших досліджень було вивчити інтегровану дію гербіцидів різних хімічних класів і регулятора росту рослин на продукційні показники тритикале озимого.

Мета статті – дослідити інтегровану дію гербіцидів Кайвер (15; 20; 25; 30 г/га) і Пума супер (0,6; 0,8; 1,0; 1,2 л/га) з регулятором росту рослин Радостим (50 мл/га) на врожайність і якість зерна тритикале озимого.

Методика досліджень. Польові та лабораторні дослідження виконували упродовж 2024–2025 років. Дію гербіцидів Кайвер (Трибенурон-

метил 750 г/кг, виробник – Solantis, Іспанія), Пума супер (феноксапроп-П-етил, 69 г/л + мефенпір-діетил 75 г/л (антидот), виробник – Bayer, Німеччина) і регулятора росту рослин Радостим (продукти життєдіяльності грибів-мікроміцетів (насичені і ненасичені жирні кислоти (C₁₄-C₂₈), полісахариди, 15 амінокислот, аналоги фітогормонів цитокінінової та фуксинової природи) – 0,3 г/л, комплекс біогенних мікроелементів – 1,75 г/л, калієва сіль альфа-нафтилоцтової кислоти – 1 мг/л, виробник – Агробіотех, Україна) вивчали в посівах тритикале озимого сорту Гарне.

Польові досліді закладали систематичним методом, у триразовій повторності. Норма висіву тритикале озимого сорту Гарне складала 4 млн. схожих насінин на гектар. Гербіциди і регулятор росту рослин застосовували у фазу повного куціння культури з нормами витрати Кайвер – 15; 20; 25; 30 г/га, Пума супер – 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 л/га, Радостим вносили в нормі 50 мл/га. Обприскування посівів виконували акумуляторним ранцевим обприскувачем DS-3WF-3 із розрахунку витрати робочої суміші 200 л/га. Деталізовану схему досліді приведено у таблицях.

Облік урожайності зерна тритикале озимого виконували подільською, шляхом збирання комбайном «Сампо» з наступним зважуванням і перерахунком на стандартну вологість [10]. Оцінку якості зерна виконували за ДСТУ 4762: 2007 [11] та іншими методиками [12]. Статистичну обробку даних виконували в програмі Microsoft Office Excel 2007 за методом дисперсійного аналізу [10].

Результати досліджень. Встановлено, що гербіциди Кайвер і Пума супер як за самостійного, так і інтегрованого застосування з регулятором

росту рослин Радостим зумовлювали суттєвий вплив на формування урожайності зерна тритикале озимого за найбільш сприятливих погодних умов 2024 року (табл. 1). Так, у 2024 році за самостійного використання гербіциду Кайвер у нормах 20 і 25 г/га формувались найвищі показники урожайності зерна, які перевищували контроль I на 0,67 і 1,02 т/га відповідно за НІР₀₅ 0,21 т/га. За самостійного використання гербіциду Пума супер найвища прибавка зерна формувалась у варіанті 1,0 л/га препарату – 0,64 т/га проти контролю I. Інтегроване використання Кайверу і Пуми супер з регулятором росту рослин Радостим забезпечило формування найвищих прибавок зерна до контролю I у варіантах з внесенням 25 г/га і 1,0 л/га препаратів, що перевищувало контроль I на 1,45 і 1,12 т/га відповідно і було суттєвим за НІР₀₅ 0,21 т/га.

У 2025 році досліджень у варіантах досліді простежувалась аналогічна залежність. Найвищу врожайність посіви тритикале озимого формували у варіантах інтегрованого застосування гербіцидів з регулятором росту рослин: Кайвер у нормах 15; 20; 25 і 30 г/га з Радостим забезпечили врожайність зерна 6,46; 6,82; 6,99 і 6,30 т/га, Пума супер у нормах 0,6; 0,8; 1,0 і 1,2 л/га з Радостим – 6,38; 6,43; 6,61 і 6,28 т/га відповідно за 5,70 т/га в контролі I і НІР₀₅ – 0,19 т/га.

Гербіциди та їх інтегрована дія з регулятором росту рослин відповідним чином позначилась на формуванні фізичних і хімічних показників якості зерна тритикале озимого – маси 1000 зерен і натурі.

Так, за самостійної і інтегрованої дії гербіцидів з регулятором росту рослин маса

Таблиця 1

Урожайність тритикале озимого за використання гербіцидів Кайвер, Пума супер і регулятора росту рослин Радостим (т/га)

Варіант досліді	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2 роки
Без застосування препаратів (контроль I)	6,06	5,70	5,80
Ручні прополювання впродовж вегетації (контроль II)	7,20	6,76	6,98
Радостим 50 мл/га	6,63	6,12	6,38
Кайвер 15 г/га	6,59	6,07	6,33
Кайвер 20 г/га	6,73	6,28	6,51
Кайвер 25 г/га	7,08	6,49	6,79
Кайвер 30 г/га	6,36	5,93	6,15
Пума супер 0,6 л/га	6,47	5,99	6,23
Пума супер 0,8 л/га	6,58	6,06	6,32
Пума супер 1,0 л/га	6,70	6,13	6,42
Пума супер 1,2 л/га	6,32	5,91	6,12
Кайвер 15 г/га + Радостим 50 мл/га	7,06	6,46	6,76
Кайвер 20 г/га + Радостим 50 мл/га	7,27	6,82	7,05
Кайвер 25 г/га + Радостим 50 мл/га	7,51	6,99	7,25
Кайвер 30 г/га + Радостим 50 мл/га	6,76	6,30	6,53
Пума супер 0,6 л/га + Радостим 50 мл/га	6,88	6,38	6,63
Пума супер 0,8 л/га + Радостим 50 мл/га	7,05	6,43	6,74
Пума супер 1,0 л/га + Радостим 50 мл/га	7,18	6,61	6,90
Пума супер 1,2 л/га + Радостим 50 мл/га	6,70	6,28	6,49
НІР ₀₅	0,21	0,19	0,19–0,21

Таблиця 2

Якість зерна тритикале озимого за використання гербіцидів Кайвер, Пума супер та регулятора росту рослин Радостим (середнє за 2024–2025 рр.)

Варіант досліджу	Маса тисячі зерен, г	Натура зерна, г/л	Вміст білка в зерні, %
Без застосування препаратів (контроль I)	51,2	722,1	13,5
Ручні прополювання впродовж вегетації (контроль II)	53,5	731,4	14,6
Радостим 50 мл/га	52,6	727,5	13,9
Кайвер 15 г/га	52,4	726,1	14,0
Кайвер 20 г/га	52,7	728,4	14,1
Кайвер 25 г/га	53,2	729,9	14,5
Кайвер 30 г/га	51,9	724,6	13,7
Пума супер 0,6 л/га	52,0	725,4	13,6
Пума супер 0,8 л/га	52,1	728,0	13,8
Пума супер 1,0 л/га	52,6	728,7	14,0
Пума супер 1,2 л/га	51,5	725,0	13,5
Кайвер 15 г/га + Радостим 50 мл/га	53,2	729,6	14,3
Кайвер 20 г/га + Радостим 50 мл/га	53,9	732,5	14,8
Кайвер 25 г/га + Радостим 50 мл/га	54,2	734,2	15,2
Кайвер 30 г/га + Радостим 50 мл/га	52,9	728,8	14,1
Пума супер 0,6 л/га + Радостим 50 мл/га	53,0	729,3	14,1
Пума супер 0,8 л/га + Радостим 50 мл/га	53,1	729,5	14,3
Пума супер 1,0 л/га + Радостим 50 мл/га	53,4	730,3	14,6
Пума супер 1,2 л/га + Радостим 50 мл/га	52,9	728,6	14,0
<i>HIP</i> ₀₅	0,4–0,6	0,8–1,2	0,12–0,17

1000 зерен і натура зерна тритикале озимого у всіх варіантах досліджу в порівнянні з контролем I зростали (табл. 2). Зокрема, за внесення Кайвера в нормі 25 г/га маса 1000 зерен в середньому за два роки становила 53,2 г, що на 2,0 г перевищувало контроль I, натура зерна – 729,9 г/л, що на 7,8 г було вищим за контроль I. Аналогічні результати були отримані за застосування Пуми супер у нормі 1,0 л/га, де маса 1000 зерен складала 52,6 г, тобто на 1,4 г вище контролю I, а натура – 728,7 г/л відповідно, що вище показника контролю I без препаратів і ручних прополювань на 6,6 г. Також слід відмітити позитивний вплив на масу 1000 зерен і натуру зерна тритикале озимого регулятора росту рослин Радостим, за внесення якого в посівах без гербіцидів спостерігалось збільшення показників натури зерна на 5,4 г, а маси 1000 зерен – на 1,4 г відповідно до контролю I.

Інтегроване застосування гербіциду Кайвер з Радостимом забезпечило формування високих показників якості зерна проти варіантів самостійного внесення гербіциду. Так, Кайвер у нормі 25 г/га з Радостимом (50 мл/га) забезпечив найвищу натуру зерна (734,2 г/л) і масу 1000 зерен (54,2 г), що перевищувало контроль I на 12,1 г/л і 3,0 г відповідно. Дещо нижчі показники якості були отримані за інтегрованого застосування гербіциду Пума супер з Радостимом, хоча вони перевищували результати самостійного внесення гербіциду. Зокрема, за дії 1,0 л/га Пуми супер у суміші з Радостимом (50 мл/га) маса 1000 зерен складала 53,4 г, натура – 730,3 г/л проти 51,2 г та 722,1 г/л в контролі I.

Виконані аналізи вмісту білка в зерні тритикале озимого засвідчили, що в середньому за роки досліджень за внесення гербіциду Кайвер вміст білка в зерні був найвищим у варіанті досліджу із нормою 25 г/га препарату і становив 14,5% при 13,5% у контролі I (табл. 2). За внесення регулятора росту рослин Радостим вміст білка складав в середньому за два роки 13,9%.

Застосування гербіциду Кайвер сумісно з Радостимом забезпечило збільшення вмісту білка в зерні тритикале озимого у всіх варіантах досліджу, разом з тим найбільший його вміст був у варіантах із застосуванням 20 і 25 г/га препарату, що складало 14,8 і 15,2% відповідно.

Внесення гербіциду Пума супер у нормах 0,6–1,2 л/га формувало вміст білка в зерні тритикале у порівнянні до контролю I вищим на 1–4%.

Інтегроване внесення Пуми супер і регулятора росту рослин Радостим також сприяло збільшенню вмісту білка в зерні тритикале озимого, який був найвищим у варіанті 1,0 л/га препарату з перевищенням контролю I на 8%.

Висновки. Інтегрована дія гербіцидів Кайвер, Пума супер з регулятором росту рослин Радостим забезпечує належне формування урожайності зерна тритикале озимого і його якості, зокрема гербіцид Кайвер у нормі 25 г/га, Пума супер у нормі 1,0 л/га, внесені в комплексі з регулятором росту рослин Радостим у нормі 50 мл/га, забезпечили в середньому за роки досліджень зростання врожайності зерна тритикале озимого відповідно на 19 і 25%, маси тисячі зерен – 4 і 6%, натури зерна – 1 і 2%, вмісту білка в зерні – 1,7 і 1,1%.

Література

1. Карпенко В. П., Бойко Я. О., Притуляк Р. М. Забур'яненість посівів гороху озимого за дії гербіциду, регулятора росту рослин і мікробного препарату. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2020. Вип. 97 Ч. 1. С. 171–180. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-97-1-171-180
 2. Михальська Л. М. Ефективність осіннього застосування гербіцидів на посівах пшениці озимої. *Карантин і захист рослин*. 2015. № 7. С. 3–6.
 3. Швартау В. В., Михальська Л. М. Гербіциди. Фізико-хімічні та біологічні властивості. Київ : Логос, 2013. 906 с.
 4. Колояніді Н. О. Вплив гербіцидів та способів сівби на продуктивність нуту в умовах Південного Степу України : дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09 / Миколаївський національний аграрний університет, Миколаїв, 2021. 188 с.
 5. Карпенко В. П., Павлишин С. В. Забур'яненість посівів пшениці полби звичайної за використання гербіциду Пріма Форте 195 і регулятора росту рослин Вуксал БІО Vita. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2018. № 2 (29). С.25–32. DOI: 10.37406/2706-9052-2019-1-3
 6. Біологізована технологія вирощування чини посівної : монографія / В. П. Карпенко, Р. М. Притуляк, О. В. Тодосійчук, А. П. Березовський, А. О. Чернега. Умань : Видавець «Сочінський М. М.», 2025. 104 с.
 7. Шутко С. С. Фізіологічні процеси і продуктивність посівів соризу за дії гербіциду Пік 75 WG і регулятора росту рослин Регоплант: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 03.00.12. Умань, 2019. 21 с.
 8. Тодосійчук О. В. Урожайність і якість зерначини посівної за дії біологічних препаратів. *Агробіологія. Збірник наукових праць Білоцерківського НАУ. Біла Церква*. 2024. № 2 (191). С. 128–133. DOI: 10.33245/2310-9270-2024-191-2-128-133
 9. Притуляк Р. М., Притуляк С. М. Урожайність і якість зерна тритикале ярого за дії гербіцидів та регулятора росту рослин. *Сучасні проблеми біології в умовах змін клімату* : матер. Всеукраїнської наукової Інтернет-конференції (18 червня 2024 року). Умань: Уманський НУС, 2024. С. 60–62.
 10. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії. За ред. В. О. Єщенка. К.: Дія. 2005. 288 с.
 11. Тритикале. Технічні умови: ДСТУ: 2007. [Чинний від 2007–08–01]. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 11 с.
 12. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ : Нічлава. 2003. 320 с.
- References**
1. Karpenko V. P., Boiko Ya. O., Prytuliak R. M. (2020). Zaburianenist posiviv horokhu ozymoho za dii herbisydu, rehuliatora rostu roslyn i mikrobnogo preparatu. [Weed infestation of winter pea crops under the action of herbicide, plant growth regulator and microbial preparation]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnogo universytetu sadivnytstva*. 2020. Vyp. 97 Ch. 1. S. 171–180. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-97-1-171-180 [in Ukrainian].
 2. Mykhalska L. M. (2015). Efektyvnist osinnoho zastosuvannia herbisydiv na posivakh pshenytsi ozymoi. [The effectiveness of autumn herbicide application on winter wheat crops]. *Karantyn i zakhyst roslyn*. 2015. № 7. S. 3–6. [in Ukrainian].
 3. Shvartau V. V., Mykhalska L. M. (2013). Herbisydy. Fyzyko-khimichni ta biolohichni vlastyvoli. [Herbicides. Physical, chemical and biological properties.]. Kyiv: Lohos, 2013. 906 s. [in Ukrainian].
 4. Koloianidi N. O. (2021). Vplyv herbisydiv ta sposobiv sivy na produktyvnist nutu v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy: dys. ... kand. s.-h. nauk: spets. 06.01.09; [The influence of herbicides and sowing methods on chickpea productivity in the Southern Steppe of Ukraine: dissertation ... Candidate of Agricultural Sciences: specialisation 06.01.09]. Mykolaivskiy natsionalnyi ahrarniy universytet, Mykolaiv, 2021. 188 s. [in Ukrainian].
 5. Karpenko V. P., Pavlyshyn S. V. (2018). Zaburianenist posiviv pshenytsi polby zvychnoi za vykorystannia herbisydu Prima Forte 195 i rehuliatora rostu roslyn Vuksal BIO Vita. [Weed infestation of common wheat crops when using Prima Forte 195 herbicide and Vuksal BIO Vita plant growth regulator]. *Podilskiy visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*. 2018. № 2 (29). С.25–32. [in Ukrainian].
 6. Karpenko V. P. (2025). Biolohizovana tekhnolohiia vyroshchuvannia chyny posivnoi : monohrafiia [Biological technology for growing spring wheat: monograph] / V. P. Karpenko, R. M. Prytuliak, O. V. Todosiichuk, A. P. Berezovskiy, A. O. Cherneha. Uman : Vydavets «Sochinskyy M. M.», 2025. 104 s. [in Ukrainian].
 7. Shutko S. S. (2019). Fiziolohichni protsesy i produktyvnist posiviv soryzu za dii herbisydu Pik 75 WG i rehuliatora rostu roslyn Rehoplant: avtoref. dys. kand. s.-h. nauk: 03.00.12. [Physiological processes and productivity of sorghum crops under the action of the herbicide Peak 75 WG and the plant growth regulator Regoplant: abstract of thesis for the degree of Candidate of Agricultural Sciences: 03.00.12]. Uman, 2019. 21 s. [in Ukrainian].
 8. Todosiichuk O. V. (2024). Urozhainist i yakist zerna chyny posivnoi za dii biolohichnykh preparativ. [Yield and quality of grain crops under the influence of biological preparations]. *Ahrobiolohiia. Zbirnyk naukovykh prats Bilotserkivskoho NAU. Bila Tserkva*. 2024. № 2 (191). S. 128–133. [in Ukrainian].
 9. Prytuliak R. M., Prytuliak S. M. (2024). Urozhainist i yakist zerna trytykale yaroho za dii herbisydiv ta rehuliatora rostu roslyn. [Yield and quality of spring triticale grain under the action of herbicides and plant growth regulators]. *Suchasni problemy biolohii v umovakh zmin klimatu: mater. Vseukrainskoi naukovoї Internet-konferentsii (18 chervnia 2024 roku)*. Uman: Umanskyi NUS, 2024. S. 60–62. [in Ukrainian].
 10. Ieshchenko V. O., Kopytko P. H., Opryshko V. P., Kostohryz P. V. (2005). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii. [Fundamentals of scientific research in

agronomy]. Za red. V. O. Yeshchenka. K.: Diia. 2005. 288 s. [in Ukrainian].

11. Trytykale. (2007). Tekhnichni umovy: DSTU: 2007. [Triticale. Technical conditions: DSTU: 2007.]. [Chynnyi vid 2007-08-01]. K.: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2007. 11 s. [in Ukrainian].

12. Hrytsaienko Z. M., Hrytsaienko A. O., Karpenko V. P. (2003). Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i gruntyv. [Methods of biological and agrochemical research of plants and soils]. Kyiv: Nichlava. 2003. 320 s. [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 25.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 27.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 26.05.2026

**A. M. Piddubna**

PhD in Agronomy,
Senior Lecturer at the Department of Forestry and Horticulture,
Vinnytsia National Agrarian University (Vinnytsia, Ukraine)
E-mail: piddubnaantonina@gmail.com
orcid.org/0000-0002-0204-1338

**V. M. Malyk**

PhD in Pedagogy,
Lecturer at the Department of Ukrainian and foreign languages,
Vinnytsia National Agrarian University (Vinnytsia, Ukraine)
E-mail: valentyna51malyk@gmail.com
orcid.org/0000-0002-3291-4347

**A. M. Razanova**

PhD Degrees in Environmental Studies,
Senior Lecturer at the Department of Crop Production Technologies,
Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of
Lviv (Lviv, Ukraine)
E-mail: razanovaalla68@gmail.com
orcid.org/0000-0002-3546-3692

FEATURES OF THE INTRODUCTION AND USE OF CATALPA SPECIES IN LANDSCAPING IN THE CONDITIONS OF THE BOTANICAL GARDEN «PODILLIA» OF VNAU

Greening is a key element of the city's planning structure, it does not only create comfortable conditions for living and recreation, but also has a beneficial effect on the health of the population. Proper landscaping of territories is of great importance, as it reduces the negative impact of the environment on humans.

*The article examines the biological, ecological and decorative features of introduced species of the genus *Catalpa* in urban conditions of Podillia and justifies the directions of their use in landscaping the botanical garden «Podillia» of VNAU. The purpose of the work is to assess the adaptability and phenological rhythm of *C. bignonioides* and *C. speciosa* and determine their practical suitability for different types of plantings. The study was carried out in 2024-2025 as a field experiment with randomized placement of variants on plots with equal soil and microclimatic conditions, regular phenoobservations, morphometry and visual-score assessment of decorativeness are provided. It was found that *C. speciosa* enters the spring phases earlier and has a more intensive initial growth and more pronounced early summer flowering, while *C. bignonioides* retains leaves longer in autumn, providing a late-season green accent, fruit ripening in both species occurs almost synchronously at the end of October. The feasibility of differentiated use of species is shown: *C. speciosa* - for parade axes, alleys and early summer accents, *C. bignonioides* - for continued seasonal decorativeness and the formation of silhouette compositions. Practical recommendations cover requirements for the place of growth, formative pruning and integration of *Catalpa* into urban green corridors as a dust-collecting and microclimatic element. The results obtained expand the range of resistant introducers for urbanized landscapes of Podillia and serve as a methodological guideline for municipal landscaping of the region.*

Key words: *Catalpa bignonioides*, *Catalpa speciosa*, introduction, decorativeness, landscaping, botanical garden.

А. М. Піддубна

доктор філософії з агрономії,
старший викладач кафедри лісового та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет (м. Вінниця, Україна)
E-mail: piddubnaantonina@gmail.com
orcid.org/0000-0002-0204-1338

В. М. Малик

доктор філософії з педагогіки,
викладач кафедри української та іноземних мов
Вінницький національний аграрний університет (м. Вінниця, Україна)
E-mail: valentyana51malyk@gmail.com
orcid.org/0000-0002-3291-4347

А. М. Разанова

доктор філософії з екології,
старший викладач кафедри технологій в рослинництві,
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького
(м. Львів, Україна)
E-mail: razanovaalla68@gmail.com
orcid.org/0000-0002-3546-3692

ОСОБЛИВОСТІ ІНТРОДУКЦІЇ ТА ВИКОРИСТАННЯ В ОЗЕЛЕНЕННІ ВИДІВ РОДУ КАТАЛЬПА (CATALPA) В УМОВАХ БОТАНІЧНОГО САДУ «ПОДІЛЛЯ» ВНАУ

Озеленення є ключовим елементом планувальної структури міста, воно не лише формує комфортні умови для проживання й відпочинку, а й сприятливо позначається на здоров'ї населення. Належний благоустрій територій має істотне значення, оскільки зменшує негативний вплив довкілля на людину.

У статті розглянуто біолого-екологічні та декоративні особливості інтродукованих видів роду *Catalpa* у міських умовах Поділля та обґрунтовано напрями їх використання в озелененні ботанічного саду «Поділля» ВНАУ. Мета роботи – оцінити адаптивність і фенологічний ритм *C. bignonioides* і *C. speciosa* та визначити їх практичну придатність для різних типів насаджень. Дослідження виконано у 2024–2025 рр. як польовий експеримент із рандомізованим розміщенням варіантів на ділянках із вирівняними ґрунтовими та мікрокліматичними умовами, проведено регулярні феноспостереження, морфометрію та візуально-бальне оцінювання декоративності. Встановлено, що *C. speciosa* раніше входить у весняні фази та має інтенсивніший стартовий ріст і виразніше ранньолітнє цвітіння, тоді як *C. bignonioides* довше утримує листя восени, забезпечуючи пізньосезонний зелений акцент, дозрівання плодів у обох видів відбувається майже синхронно наприкінці жовтня. Показано доцільність диференційованого застосування видів: *C. speciosa* – для парадних осей, алеї і ранньолітніх акцентів, *C. bignonioides* – для продовження сезонної декоративності та формування силуетних композицій. Практичні рекомендації охоплюють вимоги до місця зростання, формувальне обрізування та інтеграцію катальпи в міські зелені коридори як пиловловлювального й мікрокліматичного елемента. Отримані результати розширюють асортимент стійких інтродуцентів для урбанізованих ландшафтів Поділля та слугують методичним орієнтиром для муніципального озеленення регіону.

Ключові слова: *Catalpa bignonioides*, *Catalpa speciosa*, інтродукція, декоративність, озеленення, ботанічний сад.

Problem statement. Greening is a key element of the city's planning structure; it does not only create comfortable conditions for living and recreation, but also has a positive effect on the health of the population. Proper landscaping of territories is essential, as it reduces the negative impact of the environment on humans.

The main purpose of urban greening is to help restore the quality of air. Plants act as a filter, trapping and neutralizing harmful impurities. The effectiveness of this function depends on the diversity of green spaces by origin, age, species and functional composition. Currently, green spaces remain the most accessible and effective tool for improving the urban environment, so expanding their areas in settlements is an urgent need. The best spaces for comfortable recreation in large cities are parks, squares, botanical gardens and forest parks [1].

In addition to local species, the plantations also include introduced species that are resistant to climatic factors and urban conditions and have high aesthetic properties. The introduction of woody plants to Ukrainian lands has a centuries-old history, dating back several millennia. Its origins date back to prehistoric times, when representatives of the local dendroflora were mastered and domesticated,

new tree crops were formed, and trees were transferred from other regions. During this period, many botanical gardens and parks were founded. At the same time, information about the biological properties of cultivated breeds was gathered: about growth and development characteristics, resistance to climatic conditions, as well as susceptibility to fungal infections and insect damage.

Introduction is an effective way to expand the range of cultivated flora by introducing ornamental annual and perennial species that are hardy to the specifics of a particular region. This ensures the enrichment of the species composition with original and expressive plants for the needs of urban landscape construction [1, 2].

Creating compositions from decorative deciduous and flowering tree species, in particular introduced species, allows you to expressively combine textures, colors and spatial forms, enhancing the color contrasts of landscape elements. At the same time, it is important not only to expand the range of introduced species for landscaping settlements in Ukraine, but also to systematically assess the condition of already cultivated plants in view of global climate change and the growth of urban-technological load.

Analysis of recent research and publications. Modern cities increasingly need not only aesthetic landscaping, but also a real increase in the ecological sustainability of the urban environment. In conditions of intense technogenic load, air and soil pollution, and overheating of territories in summer, the selection of such tree species that are able to combine high decorativeness with endurance to urban stress factors is of particular importance. One of the promising crops in this context is *Catalpa* (*Catalpa bignonioides*, *Catalpa speciosa* and their varieties), an introduced species that has already proven itself as an effective bioecological and aesthetic component of the urban landscape [3].

Catalpa is characterized by rapid growth, resistance to gas pollution, drought and heat, and its large leaves are able to effectively absorb dust and harmful air pollutants. During the flowering period, the tree turns into a powerful visual and aromatic accent, playing the role of a natural urban art object. At the same time, it creates a favorable microclimate, provides shading and humidification of the air, and becomes a center of biodiversity - attracting pollinating insects and birds [4].

Despite the obvious advantages, the scale of *Catalpa* use in landscaping Ukrainian cities remains insufficient, and the issue of selecting optimal species, forms, and agrotechnical methods for its cultivation requires additional scientific substantiation. That is why the introduction of *Catalpa* as a decorative and ecosystem species is extremely relevant both for modern landscape design and for the formation of sustainable green infrastructure of cities.

In the Forest-Steppe, the process of adaptation of exotics is closely related to the level of urbanization. In urban conditions, soil compaction, moisture deficiency, increased content of heavy metals and gas impurities in the air are often observed. Some introduced species, in particular *Catalpa*, *gledichia* and *ailanthus*, are characterized by high technogenic tolerance, the ability to photosynthetic activity even in polluted environments. Due to this, they play the role of natural filters, improving air quality and forming a favorable microclimate of urban ecosystems [1].

The successful adaptation of exotic woody plants to the Forest-Steppe of Ukraine opens up wide opportunities for expanding the range of green plantings. Introduced species not only enrich biodiversity, but also increase the resilience of urbanized ecosystems to climatic stresses. A successful combination of local and exotic species in park and street plantings contributes to the creation of a new type of landscapes - ecologically balanced, decoratively expressive and climatically adapted.

Thus, the experience of acclimatization of exotic tree species in the Forest-Steppe of Ukraine confirms that under conditions of scientifically based selection of species, competent care and monitoring of the biological condition of plants, it is possible to ensure long-term stability and high aesthetic value of green plantings of the region. Exotic species, among which *Catalpa speciosa* and *Catalpa bignonioides* occupy a leading place, become a symbol of

a harmonious combination of scientific knowledge, artistic vision and environmental responsibility in modern landscaping of Ukraine [5].

Representatives of the *Catalpa* genus are one of the architectural groups of trees for the urban landscape: large heart-shaped leaves form a dense canopy of shade, lush panicles of flowers in June-July create a distinct seasonal accent, and slender pod-like fruits maintain decorativeness in autumn and winter. Biological plasticity and endurance to urban factors make *Catalpa bignonioides*, *C. speciosa* suitable for various types of plantings - from small courtyards to main green corridors.

In the structure of landscaping, *Catalpa* is the most convincing as a tapeworm on the background of the lawn, the volume of the crown holds the space and sets the center of the composition at the entrances, at the forks of the paths, at the species points of the educational and exposition routes. In alley plantings with an interval of 5-6 m., it forms shaded walking corridors and comfortable microclimatic conditions for recreation.

For streets and squares, *Catalpa* is useful as a dust-collecting and noise-shielding element: a large leaf blade effectively intercepts dust, and a dense crown disperses noise waves, in yards and squares - contrasts with conifers (yew, thuja, juniper) and light-loving flower beds to extend seasonality. The honey-bearing qualities of the inflorescences support pollinators between spring and summer nectar flows, which is important for the biodiversity of the city and the educational programs of the botanical garden [5-7].

The selection of species and forms depends on the task, *C. speciosa* gives a faster spring start and more expressive flowering - optimal for ceremonial axes and early summer accents. *C. bignonioides* retains leaves longer in autumn - advisable where a long-lasting «green background» is needed. In urban conditions, it is worth using container-grown seedlings, forming a strong trunk and opening the crown in the early stages to minimize damage from wind and sleet [8-10].

The requirements for the location are simple but fundamental: full sun or light partial shade, fertile structural soils with drainage, mulch in the trunk circles, watering rarely, but abundantly in the first 2-3 seasons. In urban soil, local soil amendments (compost, biochar) are useful, in the spring - slow-release complex fertilizers. Pruning - mainly formative and sanitary at the end of winter; strong summer pruning is undesirable so as not to provoke fragility of young shoots. It is advisable to protect young plantings from mechanical damage and vandalism [10, 11].

Because of its resistance to urban stresses, long-season decorativeness, and pedagogical value, *Catalpa* is a strategic species for botanical gardens and municipal landscaping. In thoughtful combinations with local species, it enhances the ecosystem services of plantings, expands the palette of forms and textures, and forms a recognizable style of green spaces - from educational and research areas to public parks.

In connection with the mentioned information, **the purpose of our work** is to investigate the features of the introduction of representatives of the genus *Catalpa* in the conditions of the Podillia Botanical Garden of VNAU and to substantiate the feasibility of their use in landscaping settlements in Podillia.

Methodology. The objects of the study are two species of the genus *Catalpa*: *bignonioides catalpa* (*Catalpa bignonioides* Walt.) and magnificent catalpa (*Catalpa speciosa* Warder ex Engelman) of North American origin. These species grow in street, park and ornamental plantings in settlements of Vinnytsia region.

The study was conducted in 2024–2025 as a field experiment on plots with randomized

placement of variants, equalized soil and microclimatic conditions. The recording involved a combination of regular observations and morphometric measurements: growth dynamics in height and number of shoots were observed, the stages of the phenological cycle from budding to the end of flowering were recorded with an assessment of the duration of the phases (Table 1).

Comparative study of two species of *Catalpa* allows to reveal complex patterns of introduction of exotic woody plants into the Forest-Steppe of Ukraine. Biological differences between *C. bignonioides* (as a thermophilic, more decorative species) and *C. speciosa* (as more frost-resistant and technologically convenient for landscaping) create

Table 1
Morphological and ecological features of *Catalpa* species in the conditions of the «Podillia» Botanical Garden

Type	Morphological features	Frost- and winter hardiness	Drought resistance
<i>Catalpa bignonioides</i> Walt.	Trees from 5 m to 7 m tall, crown wide, spreading. Leaves large, ovate, up to 20 cm, arranged oppositely or in a ring. Flowers creamy white with purple spots, in panicles. Fruits - pods up to 35 cm	Medium frost resistance; shoots may freeze in severe winters, recovers well in spring. Requires sheltered locations	Moderately drought-resistant, loses leaf turgor in prolonged droughts. Requires moist soils
<i>Catalpa speciosa</i> Warder ex Engelm.	Tall trees up to 10 m, pyramidal or rounded crown. Leaves heart-shaped, up to 25 cm, dark green above, light below. Flowers white with yellow and purple spots, large, in paniculate inflorescences. Fruits - pods up to 40 cm long	High frost-resistance, spend winters without significant damage, well acclimatized	Relatively drought-resistant, tolerates short-term moisture shortages, grows well on drained black soil and gray forest soils

Table 2
Rhythm of development of species of the genus *Catalpa* in the conditions of the «Podillia» Botanical Garden, 2025

№	Phases of growth and development	Phase onset date	
		<i>Catalpa bignonioides</i> Walt.	<i>Catalpa speciosa</i> Warder ex Engelm.
1	Bud development:		
	– bud swelling	21.04	15.04
	– bud bursting	30.04	26.04
2	Leaf development:		
	– beginning of leaf unfolding	10.05	07.05
	– end of leaf unfolding	13.08	18.07
	– beginning of yellowing	14.09	15.09
	– end of yellowing	28.10	25.10
	– beginning of falling	07.11	30.10
	– end of falling	30.11	21.11
3	Apical bud formation	27.07	20.07
4	Flowering:		
	– beginning	11.06	04.06
	– mass	16.06	10.06
	– end	26.06	23.06
5	Fruit ripening:		
	– beginning of ripening	21.10	20.10
	– end of ripening	30.10	30.10
6	Shoot growth:		
	– beginning	05.05	29.04
	– end	19.09	26.07
7	Vegetation period, days	183	186

Source: formed on the basis of own research

the basis for a well-founded selection of the assortment of *Catalpas* depending on the functional purpose of green plantings.

Summary of the main research material.

During the research, the biological and ecological features of plants were studied: growth and development, flowering and generative process, fruiting, frost and winter hardiness, and their decorative characteristics [11, 13].

Phenological observations were also conducted on representatives of the *Catalpa* genus. During the studies, the following phenophases of development were recorded: bud swelling, bud opening, linear shoot growth, shoot lignification, leaf unfolding, beginning and end of flowering, fruit ripening, leaf color change, leaf fall, beginning and end of fall (Table 2) [14].

The collected phenological data show similar rhythms but different accents of seasonal development of *C. bignonioides* and *C. speciosa*. In *Catalpa*, all spring milestones during the studied year occurred earlier: bud swelling and bud opening preceded *Catalpa* by 6 and 4 days, respectively, from April 15 to April 26 versus April 21 to 30, and the beginning of leaf unfolding was 3 days earlier on May 7 in *C. speciosa* versus May 10 in *C. bignonioides*. Full leaf unfolding was completed almost a month earlier on July 18 in *C. speciosa* versus August 13 in *C. bignonioides*, which indicates a faster spring start of its crown growth.

The autumn period of the annual cycle has its own differences. The dates of the beginning and end of yellowing almost coincide from October 15 to 25 in *C. speciosa* and from October 14 to 28 in *C. bignonioides*, however, leaf fall in *C. speciosa* begins earlier, on October 30, compared to November 7, and ends earlier, on November 21, compared to November 30. Accordingly, *C. bignonioides* retains its leaves longer, maintaining the green volume and expressiveness of the silhouette of the plantations until the end of November. Fruit ripening occurs almost synchronously from October 20 to 30 in *C. speciosa* and from October 21 to 30 in *C. bignonioides*, which is convenient for simultaneous exhibitions and seed selection.

Despite these taxonomic differences, the total duration of vegetation in the species is close to 186 days in *C. speciosa* and 183 in *C. bignonioides*. From a practical point of view, this means that for compositions with an early emphasis on a massive crown and longer flowering, it is advisable to choose *C. speciosa*, while for continued decorativeness in autumn and a distinctive silhouette in the late season, *C. bignonioides* should be preferred. In combination, these species provide a continuous wave of decorative effects from early spring to late autumn, which is especially valuable for educational and exhibition routes in a botanical garden.

Conclusions. Representatives of the genus *Catalpa* have demonstrated high adaptability to the urbanized conditions of Podillia, combining resistance to urban stress factors with pronounced

seasonal decorativeness, which enhances the ecological and aesthetic quality of green spaces. A comparison of phenological rhythms revealed significant differences: *C. speciosa* enters the spring phases earlier and blooms somewhat longer, while *C. bignonioides* retains its leaves longer in autumn, forming a late-season green accent, while the total duration of the vegetation period in the species is close, which facilitates joint use in exhibitions. Flowering of both species occurs in June, and fruit ripening occurs synchronously at the end of October, which simplifies seed selection and makes it possible to plan simultaneous demonstrations.

In practice, this means that the feasibility of differentiated use of *C. speciosa* is justified on parade axes and for early summer accents, while *C. bignonioides* is more appropriate for continuing decorativeness in autumn and enhancing the silhouette of plantings. The optimal effect is achieved with the combined introduction of both species in different spatial roles, compliance with the requirements for the growing location (sunny areas, structural drained soils, mulching, moderate watering in the first seasons) and the use of rational shaping and sanitary pruning. Prospects for further research are associated with long-term monitoring of winter hardiness, the study of varietal diversity and phytoindication potential under various technogenic loads, as well as the development of pruning regulations to increase wind resistance in conditions of dense urban development.

Bibliography

1. Бессонова В., Гунько С. Вплив урбогенних умов зростання *Catalpa bignonioides* на морфометричні показники листків і вміст у них пластидних пігментів. Екологічні науки. 2024. № 3(54). С. 150-161. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.3-54.22>
2. Булат А. Г. Насіннева продуктивність рослин *Catalpa bignonioides* Walt. в умовах урбогенного навантаження. Збірник наукових праць Уманського національного університету. 2025. Вип. 106(1). С. 36-45. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2025-106-1-36-45>
3. Демешко О. В., Романова С. В., Ковальов В. В., Батюченко І. І. Дослідження біологічно активних сполук листя катальпи бігніонієвидної (*Catalpa bignonioides* Walt.). Фармацевтичний журнал. 2020. Т. 75, № 2. С. 52-58. DOI: <https://doi.org/10.32352/0367-3057.2.20.05>
4. Леппик М. В. Характеристики плодоношення рослин *Catalpa bignonioides* за умов забруднення навколишнього середовища. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2008. Т. 16, № 1. С. 141-146. DOI: <https://doi.org/10.15421/010824>
5. Немченко М. В., Бессонова В. П. Оцінка генеративної сфери *Catalpa bignonioides* Walt. та *C. speciosa* Ward. в умовах придорожньої лісосмуги. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія.

Екологія. 2009. Т. 17, № 1. С. 152-157. DOI: <https://doi.org/10.15421/010923>

6. Піддубна А. М., Матусьяк М. В., Циганська О. І., Панкова С. О. Вплив технології зимового закриття лунок на агрохімічний стан ґрунту під деревними насадженнями в умовах міста Вінниці. Український журнал природничих наук. 2025. № 13. С. 413-420. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.13.2025.39>

7. Пиж'янов В. В., Балабак А. Ф., Поліщук В. В. Оцінювання інтродукованих генотипів роду *Actinidia* Lindl. за вегетаційним періодом з метою використання в озелененні Правобережного Лісостепу України. Сільське господарство та лісівництво. 2021. № 3(22). С. 108-118. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-3-9>

8. Разанов С. Ф., Разанова А. М., Піддубна А. М., Разанов О. С. Нектаропилконосні рослини лісових угідь та їх вплив на розвиток і продуктивність бджолиних сімей. Бджільництво України. 2024. Вип. 13. С. 70-74. DOI: <https://doi.org/10.32782/beekeepingjournal.2024.13.10>

9. Bozaci E., Altınışık Tağaç A. Extraction and characterization of new cellulosic fiber from *Catalpa bignonioides* fruits for potential use in sustainable products. *Polymers*. 2023. Vol. 15, № 1. Article 201. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15010201>

10. da Silva Oliveira A. C., Snak C., Oliveira F. G., et al. New and resurrected species in the *Collaea speciosa* complex (Leguminosae, Papilionoideae). *Brazilian Journal of Botany*. 2025. Vol. 48. Article 23. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40415-024-01043-6>

11. Denny E. G., Gerst K. L., Miller-Rushing A. J., et al. Standardized phenology monitoring methods to track plant and animal activity across multispecies, multi-site studies. *International Journal of Biometeorology*. 2014. Vol. 58, № 4. P. 591-601. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0789-5>

12. Muñoz-Mingarro D., Acero N., Linares F., et al. Biological activity of extracts from *Catalpa bignonioides* Walt. (Bignoniaceae). *Journal of Ethnopharmacology*. 2003. Vol. 87, № 2-3. P. 163-167. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(03\)00111-9](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(03)00111-9)

13. Quan J., Ni R., Wang Y., Sun J., Ma M., Bi H. Effects of different growth regulators on the rooting of *Catalpa bignonioides* softwood cuttings. *Life*. 2022. Vol. 12, № 8. Article 1231. DOI: <https://doi.org/10.3390/life12081231>

14. Zibtseva O., Minder V., Pikhalo O., Shandrenko O. Biodiversity of woody plants in a small town: The example of Kagarlyk (Ukraine). *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. 2025. Vol. 16, № 3. P. 8-25. DOI: <https://doi.org/10.31548/orest/3.2025.08>

References

1. Bessonova, V., Hunko, S. (2024). Vplyv urbohenykh umov zrostannia *Catalpa bignonioides* na morfometrychni pokaznyky lystkiv i vmist u nykh plastydneykh pihmentiv [Impact of urban growth conditions of *Catalpa bignonioides* on leaf morphometric traits and plastid pigment content]. *Ekolohichni nauky*, 3(54),

150-161. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.3-54.22> [in Ukrainian].

2. Bulat, A. H. (2025). Nasinnieva produktyvnist roslyn *Catalpa bignonioides* Walt. v umovakh urbohenoho navantazhennia [Seed productivity of *Catalpa bignonioides* Walt. plants under urbanogenic load]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskooho natsionalnoho universytetu*, 106(1), 36-45. <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2025-106-1-36-45> [in Ukrainian].

3. Demeshko, O. V., Romanova, S. V., Kovalov, V. V., & Batiuchenko, I. I. (2020). Doslidzhennia biolohichno aktyvnykh spoluk lystia katalpy bignoniievdynoi *Catalpa bignonioides* Walt. [Study of biologically active compounds in leaves of *Catalpa bignonioides* Walt.]. *Farmatsevychnyi zhurnal*, 75(2), 52-58. <https://doi.org/10.32352/0367-3057.2.20.05> [in Ukrainian].

4. Leppik, M. V. (2008). Kharakterystyky plodonoshennia roslyn *Catalpa bignonioides* za umov zabrudnennia navkolyshnoho seredovyscha [Fruiting characteristics of *Catalpa bignonioides* plants under environmental pollution]. *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu. Biolohiia. Ekolohiia*, 16(1), 141-146. <https://doi.org/10.15421/010824> [in Ukrainian].

5. Nemchenko, M. V., Bessonova, V. P. (2009). Otsinka heneratyvnoi sfery *Catalpa bignonioides* Walt. ta *C. speciosa* Ward. v umovakh prydorozhnoi lisosmuhi [Assessment of the generative sphere of *Catalpa bignonioides* Walt. and *C. speciosa* Ward. under roadside shelterbelt conditions]. *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu. Biolohiia. Ekolohiia*, 17(1), 152-157. <https://doi.org/10.15421/010923> [in Ukrainian].

6. Pidubna, A. M., Matusiak, M. V., Tsyhanska, O. I., & Pankova, S. O. (2025). Vplyv tekhnolohii zymovoho zakryttia lunok na ahrokhimichnyi stan gruntu pid derevnymy nasadzhenniamy v umovakh mista Vinnytsi [Effect of the technology of winter closing of planting holes on the agrochemical status of soil under woody plantings in the city of Vinnytsia]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychyykh nauk*, (13), 413-420. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.13.2025.39> [in Ukrainian].

7. Pyzhianov V. V., Balabak A. F., Polishchuk, V. V. (2021). Otsiniuvannia introdukovanykh henotypiv rodu *Actinidia* Lindl. za vehetatsiynym periodom z metoiu vykorystannia v ozelenenni Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Evaluation of introduced genotypes of the genus *Actinidia* Lindl. by vegetation period for use in landscaping of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 3(22), 108-118. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-3-9> [in Ukrainian].

8. Razanov S. F., Razanova A. M., Pidubna A. M., & Razanov O. S. (2024). Nektaropylkonosni roslyny lisovyykh uhid ta yikh vplyv na rozvytok i produktyvnist bdzholynykh simei [Nectar- and pollen-bearing plants of forest lands and their influence on the development and productivity of bee colonies]. *Bdzhilnytstvo Ukrainy*, (13), 70-74. <https://doi.org/10.32782/beekeepingjournal.2024.13.10> [in Ukrainian].

9. Bozaci E., Altınışık Tağaç A. (2023). Extraction and characterization of new cellulosic fiber from

Catalpa bignonioides fruits for potential use in sustainable products. *Polymers*, 15(1), 201. <https://doi.org/10.3390/polym15010201>

10. da Silva Oliveira A. C., Snak C., Oliveira F. G., et al. (2025). New and resurrected species in the *Collaea speciosa* complex (Leguminosae, Papilionoideae). *Brazilian Journal of Botany*, 48, 23. <https://doi.org/10.1007/s40415-024-01043-6>

11. Denny E. G., Gerst K. L., Miller-Rushing A. J., et al. (2014). Standardized phenology monitoring methods to track plant and animal activity across multispecies, multi-site studies. *International Journal of Biometeorology*, 58(4), 591-601. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0789-5>

12. Muñoz-Mingarro D., Acero N., Llinares F., et al. (2003). Biological activity of extracts from *Catalpa bignonioides* Walt. (Bignoniaceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 87(2-3), 163-167. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(03\)00111-9](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(03)00111-9)

13. Quan J., Ni R., Wang Y., Sun J., Ma M., Bi H. (2022). Effects of different growth regulators on the rooting of *Catalpa bignonioides* softwood cuttings. *Life*, 12(8), 1231. <https://doi.org/10.3390/life12081231>

14. Zibtseva O., Minder V., Pikhalo O., Shandrenko O. (2025). Biodiversity of woody plants in a small town: The example of Kagarlyk (Ukraine). *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 16(3), 8-25. <https://doi.org/10.31548/forest/3.2025.08>

Дата першого надходження статті до видання: 24.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 27.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 26.05.2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії
відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 631872 :631.41: 631.445.4]:631.8
DOI <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2026-1-61-67>



І. В. Чикін

аспірант кафедри агрохімії і ґрунтознавства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: igor.chykin@gmail.com
orcid.org/0009-0001-9449-7462



Г. М. Господаренко

доктор сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри агрохімії і ґрунтознавства
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: hospodarenko@gmail.com
orcid.org/0000-0002-6495-2647



Я. О. Мізерака

аспірант кафедри агрохімії і ґрунтознавства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: homeadress22@gmail.com
orcid.org/0009-0001-8825-6822

ГУМУСОВАНІСТЬ І ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

Метою статті було визначити вплив тривалого (15 років) застосування різних видів, доз мінеральних добрив і їх поєднань у польовій сівозміні на гумусованість і фізико-хімічні показники чорнозему опідзоленого. Стаціонарний польовий дослід проводиться на дослідному полі Уманського національного університету з 2010 року, що розташоване в Маньківському природно-сільськогосподарському районі Правобережного Лісостепу. Ґрунт під дослідом – чорнозем опідзолений важко-суглинковий на лесі (за класифікацією FAO/WRB, 2022 – Phaeosems). Текстура за FAO класифікується як мулово-глинистий суглинок (silt clay loam) з великою часткою мулу (63–65%) і глини (33–35%) та незначним вмістом піску (2,1–2,5%). Польова сівозмінна (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя) одночасно розгорнута на чотирьох полях на площі 2 га. Повторення дослідю триразове, розміщення варіантів послідовне. Розмір дослідних ділянок становить 110 м², а збиральних – 25 м². Добрива у вигляді суперфосфату гранульованого та калію хлористого вносили перед зяблевим обробітком ґрунту, а аміачну селітру – під передпосівну культивування та як ранньовесняне підживлення. Нетоварну продукцію (солому, стебелиння) подрібнювали і залишали на полі.

Тривале застосування різних систем удобрення, так і без нього істотно не впливало на вміст гумусу, який був у межах 3,7–4,1%. Незначні зміни вмісту гумусу можна пояснити залишення на полі нетоварної продукції усіх культур сівозміни. Встановлено, що у варіантах дослідю $N_{110}P_{60}$ та $N_{110}P_{30-60}K_{40-80}$ порівняно з неудобреними ділянками, було незначне – на 7–8% підвищення ЄКО, що можна пояснити більшим надходженням у ґрунт органічної речовини з пожнивно-корневими рештками. Структура ЄКО чорнозему опідзоленого під дослідом близька до оптимальної і під впливом 15-річного застосування різних систем застосування мінеральних добрив за умови залишення на полі нетоварного врожаю не зазнала суттєвих змін. Частка кальцію та магнію в складі ЄКО була в оптимальних межах – відповідно 69,5–75,8% і 10,9–12,8%. Незначне зниження частки кальцію в ґрунті удобрених ділянок можна пояснити поверненням його з висхідним потоком води по ґрунтових капілярах. Відношення $Ca^{2+} : Mg^{2+}$ у структурі ЄКО ґрунту було 7,7, а після тривалого застосування добрив залежно від варіанту дослідю – в межах 5,8–6,5 і було найнижчим на ділянках без удобрення. Відношення $Mg^{2+} : K^+$ перед закладанням дослідю становило 3,5, а після тривалого використання ґрунту без внесення мінеральних добрив підвищилось до 4,8. Значне підвищення відношення $Mg^{2+} : K^+$ – до 4,4 пройшло також у варіанті дослідю $N_{110}P_{60}$, що показує можливий дефіцит калію в живленні рослин.

Ключові слова: гумус, кислотність, обмінні основи, мінеральні добрива, сівозмінна.

I. V. Chykin

Graduate Student at the Department of Agricultural Chemistry and Soil Science,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: igor.chykin@gmail.com
orcid.org/0009-0001-9449-7462

H. M. Hospodarenko

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Professor at the Department of Agricultural Chemistry and Soil Science
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: hospodarenko@gmail.com
orcid.org/0000-0002-6495-2647

Ya. O. Mizeraka

Graduate Student at the Department of Agricultural Chemistry and Soil Science,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: homeadress22@gmail.com
orcid.org/0009-0001-8825-6822

HUMUS CONTENT AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF PODZOLIZED CHERNOZEM DEPENDING ON FERTILIZATION

The aim of the article was to determine the impact of long-term (15 years) application of different types and rates of mineral fertilizers and their combinations in a field crop rotation on the humus content and physicochemical indicators of podzolized chernozem. A stationary field experiment has been conducted on the experimental field of Uman National University since 2010, located in the Mankivka natural-agricultural district of the Right-Bank Forest-Steppe. The soil under study is heavy loam podzolized chernozem on loess (classified as Phaeozems according to FAO/WRB, 2022). The texture, by FAO classification, is defined as silt clay loam with a high proportion of silt (63–65%) and clay (33–35%) and a negligible sand content (2.1–2.5%). The field crop rotation (winter wheat, corn, spring barley, soybeans) is simultaneously deployed across four fields with a total area of 2 hectares. The experiment has three replications, with a sequential arrangement of the variants. The size of the experimental plots is 110 m², and the harvest plots are 25 m². Fertilizers in the form of granular superphosphate and potassium chloride were applied before deep autumn tillage, while ammonium nitrate was applied during pre-sowing cultivation and as early spring top-dressing. Non-marketable plant residues (straw, stalks) were shredded and left in the field. The long-term application of different fertilization systems, including the unfertilized control, did not significantly affect the humus content, which remained within the range of 3.7–4.1%. The minor fluctuations in humus content can be explained by the practice of leaving the non-marketable residues of all crops in the rotation on the field. It was found that in the experimental variants N110P60 and N110P30–60K40–80, compared to the unfertilized plots, there was a slight (7–8%) increase in Cation Exchange Capacity (CEC). This can be attributed to a greater input of organic matter into the soil from post-harvest and root residues. The structure of the CEC of the studied podzolized chernozem is close to optimal and, under the influence of the 15-year application of different mineral fertilizer systems combined with leaving non-marketable crop residues in the field, did not undergo significant changes. The share of calcium and magnesium in the CEC composition was within optimal limits – 69.5–75.8% and 10.9–12.8%, respectively. A slight decrease in the proportion of calcium in the soil of the fertilized plots can be explained by its return to the surface with the upward movement of water through soil capillaries. The Ca²⁺ : Mg²⁺ ratio in the soil's CEC structure was 7.7 before the experiment, and after the long-term fertilizer application, depending on the variant, it ranged from 5.8 to 6.5, being the lowest in the unfertilized plots. The Mg²⁺ : K⁺ ratio before the experiment was established as 3.5, and after the long-term use of the soil without mineral fertilizer application, it increased to 4.8. A significant increase in the Mg²⁺ : K⁺ ratio to 4.4 also occurred in the N110P60 experimental variant, indicating a potential potassium deficiency in plant nutrition.

Key words: humus, acidity, exchangeable bases, mineral fertilizers, crop rotation.

Постановка проблеми. Основною метою сучасного сільського господарства є збереження здоров'я ґрунту, зменшення наслідків зміни клімату та виробництва здорових продуктів харчування. Підтримання високої якості ґрунтів за одночасного підвищення їх продуктивності вимагає точного оцінювання того, як удобрення та сівоzmіна впливають на окремі його властивості. Удобрення впливає на ґрунтові умови, що змінює середовище для розвитку ґрунтових мікроорганізмів і рослин та призводить до змін ґрунтового середовища. Бракує тривалих експериментальних даних про вплив різного удобрення в сівоzmіні на гумусованість ґрунту та його фізико-хімічні властивості. Новизна цього дослідження полягає в тому, що визначено вплив різних видів мінеральних добрив, їх доз та поєднань на тлі залишення на полі нетоварної продукції на ці показники у контексті тривалого експерименту в польовій сівоzmіні на чорноземі опідзоленому.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Удобрення є основним агротехнологічним заходом, який значно підвищує продуктивність сільськогосподарських культур. Біологічні, хімічні та фізичні процеси, що проходять у ґрунті також залежать від зміни поживного режиму та ґрунтового середовища для їх росту й розвитку [2, 6, 7, 10]. Щоб отримати інформацію про види удобрювальних продуктів і дози їх внесення, що застосовуються для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, було проведено численні тривалі стаціонарні досліді з удобренням [4, 12, 16]. Ці дослідження дають можливість встановити, як тривале застосування різних видів мінеральних добрив та їх комбінацій впливає на властивості ґрунту. Встановлено, що вплив мінерального удобрення на якість ґрунту необхідно досліджувати тривалий період, щоб зрозуміти, як вони впливають на властивості ґрунту, які змінюються повільно. Крім того, вони дозволяють

розробити теоретичну основу для збереження здоров'я ґрунту та сталого підвищення продуктивності сільськогосподарських культур [5].

Гумус виконує багатогранну агроекологічну функцію в ґрунті – поліпшує його буферні властивості, збільшує іонообмінну та водоутримувальну здатність, активує біохімічні та мікробіологічні процеси, регулює фізіологічні механізми росту й розвитку рослин. Він сприяє ліпшому засвоєнню поживних речовин, знижує фітотоксичність забруднювачів, а також забезпечує зростання продуктивності агроценозів [17].

Види і дози добрив, їх поєднання та структура сівозміни можуть впливати на кислотність ґрунтового розчину, доступність поживних речовин і вміст гумусу через вплив на мікробіологічні процеси [2].

На чорноземі лувиковому в Болгарії удобрення, яке безперервно застосовували упродовж 64 років у 4-пільній сівозміні (пшениця, ячмінь, кукурудза та боби), включало варіанти досліду з внесенням азоту (N), фосфору (P), калію (K), NP, NK, PK, NPK та абсолютний контроль. Встановлено, що найвищий вміст органічного вуглецю спостерігався за внесення NPK (1,42%) та NP (1,43%). При цьому азотні добрива найбільш суттєво впливали на властивості ґрунту – pH, електропровідність і вміст органічного вуглецю в ґрунті через зміну ґрунтового середовища для розвитку мікробіоти [3].

Отже, особливої актуальності набуває дослідження впливу різного удобрення сільськогосподарських культур у короткоротаційній польовій сівозміні на гумусний стан та фізико-хімічні властивості ґрунту в умовах Правобережного Лісостепу.

Мета статті – визначити вплив тривалого застосування різних видів, доз мінеральних добрив і їх поєднань у польовій сівозміні на гумусованість і фізико-хімічні показники чорнозему опідзоленого.

Методика дослідження. Стационарний польовий дослід (атестат УААН № 87) проводиться на дослідному полі Уманського національного університету з 2010 року, що розташоване в Маньківському природно-сільськогосподарському районі Правобережного Лісостепу. Висота над рівнем моря 245 м, клімат помірно континентальний із середньорічною кількістю опадів 586 мм і температурою 8,8 °С.

Ґрунт під дослідом – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі (за класифікацією FAO/WRB, 2022 – *Phaeosems*). Текстура за FAO класифікується як мулово-глинистий суглинок (*silti clay loam*) з великою часткою мулу (63–65%) і глини (33–35%) та незначним вмістом піску (2,1–2,5%). Ґрунт достатньо дренажований, що забезпечує добре утримання води й поживних речовин.

Слабокисла реакція ґрунту у верхніх горизонтах сприяє руйнуванню мінералів і переходу в рухомі форми поживних речовин. За елювіально-ілювіальним профілем він слабо диференційований. Карбонати кальцію скипають лише на глибині 100–110 см.

Польова сівозміна (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя) одночасно розгорнута на чотирьох полях на площі 2 га. Повторення досліду триразове, розміщення варіантів послідовне. Розмір дослідних ділянок становить 110 м², а збиральних – 25 м². Добрива у вигляді суперфосфату гранульованого та калію хлористого вносили перед зяблевим обробітком ґрунту, а аміачну селітру – під передпосівну культивуацію та як ранньовесняне підживлення. Нетоварну продукцію (солому, стебелиння) подрібнювали і залишали на полі.

У серпні 2025 року було відібрано зразки ґрунту для агрохімічного аналізу з усіх варіантів досліду в двох несуміжних повтореннях експерименту з шару 0–20 см. У зразках ґрунту, відібраних згідно вимог ДСТУ 4287:2004 і ДСТУ ISO 11464:2007, визначали такі показники: вміст гумусу – за ДСТУ 4289:2004; кислотність (pH_{KCl}) – за ДСТУ ISO 10390:2022; гідролітичну кислотність – за ДСТУ 7537:2014; вміст обмінних катіонів (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺) в амонійно-ацетатному буферному розчині з pH 7,0 методом оптико-емісійної спектроскопії [9].

Основні результати дослідження. Органічна речовина ґрунту є ключовою складовою, що визначає рівень його родючості та екологічний стан. Її кількісний і якісний склад суттєво залежать від інтенсивності агротехнологічних заходів, передусім від систем удобрення, обробітку ґрунту, структури сівозміни та застосування органічних залишків. Близько 85–90% органічної речовини припадає на гумус – стабільну, колоїдну, високомолекулярну сполуку, яка утворюється в результаті трансформації залишків рослинного і тваринного походження в умовах малого біологічного колобігу речовини та енергії.

Встановлено, що тривале використання ґрунту як за різних систем удобрення, так і без них істотно не впливало на вміст гумусу, який був 3,7–4,1%, що в межах помилки досліду (табл. 1). Незначні зміни вмісту гумусу можна пояснити залишення на полі нетоварної продукції усіх культур сівозміни.

Стан ЄКО ґрунту має різновекторну дію на кореневе живлення рослин. Усі властивості ґрунту, які зумовлюють у кінцевому результаті формування врожаю, тою чи іншою мірою залежать від складу ЄКО. Нині все частіше продуктивність сільськогосподарських культур обмежується зміною в структурі ЄКО антропогенною діяльністю. Стан колоїдного комплексу ґрунту характеризується ємністю катіонного обміну та його складом. Вважається, чим більше ЄКО, тим буде вищою буферна здатність ґрунту [15].

Як видно з даних табл. 1, ЄКО змінювалася від 27,3 до 29,4 смоль/кг ґрунту за показника перед закладанням досліду 27,6 смоль/кг, що було в межах помилки досліду. Порівняно з неудобреними ділянками, було незначне – на 7–8% його підвищення у варіантах досліду N₁₁₀P₆₀ та з повним мінеральним добривом з дозою азоту 110 кг/га. Це можна пояснити

більшим надходженням у ґрунт органічної речовини з поживно-кореновими рештками.

У складі ЄКО чорнозему опідзоленого найбільший вміст кальцію й магнію – відповідно 20,1–21,3 смоль/кг і магнію 2,7–3,5 смоль/кг. При цьому необхідно зазначити, що під впливом тривалого застосування добрив у сівозміні найбільші зміни порівняно з вихідним рівнем відбулися у вмісті калію і магнію – на 30 %, тоді як кальцію і натрію були незначними – до 6%.

Встановлено [11, 15], що найбільше кальцію з ґрунту втрачається в результаті вимивання. При

цьому його вміст в ЄКО заміщує магній. Азотні добрива посилюють вимивання кальцію.

Кислотно-основні властивості ґрунтового середовища мають суттєвий вплив на формування кореневої системи рослин і їх живлення через регуляцію засвоєння поживних речовин. Від кислотності ґрунту залежить доступність поживних речовин, активність ґрунтової біоти і загальна якість ґрунту [1]. Рослини здатні частково адаптуватися до кислої реакції ґрунтового середовища модифікацією заряду поверхні корневих клітин, зміною функціональних груп.

Таблиця 1

Вплив тривалого (2010–2025 рр.) удобрення в польовій сівозміні на гумусованість і ємність катіонного обміну

Варіант досліджу	Вміст гумусу, %	ЄКО, смоль/кг	Насиченість основами, смоль/кг				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Сума
2010 р.*	3,8	27,6	20,9	2,7	0,8	0,1	24,5
Без добрив (контроль)	3,7	27,3	20,3	3,5	0,8	0,1	24,7
N ₅₅	3,8	27,8	20,1	3,3	0,7	0,1	24,2
N ₁₁₀	4,0	28,0	20,2	3,3	0,8	0,1	24,4
P ₆₀ K ₈₀	3,9	27,4	20,8	3,2	0,9	0,1	25,0
N ₁₁₀ K ₈₀	4,0	27,9	20,1	3,2	0,9	0,1	24,3
N ₁₁₀ P ₆₀	3,9	29,3	20,5	3,2	0,7	0,1	24,5
N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	4,0	28,7	21,0	3,2	0,8	0,1	25,1
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	4,1	29,4	21,3	3,3	0,9	0,1	25,6
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	3,9	29,3	20,4	3,3	0,8	0,1	24,6
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	4,1	29,2	21,1	3,4	0,8	0,1	25,4
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀	4,1	29,3	21,3	3,4	0,9	0,1	25,7
НІР ₀₅	0,3	1,8	1,1	0,2	0,1		

Примітка. Вихідні дані перед закладанням досліджу.

Таблиця 2

Зміни структури ЄКО під впливом тривалого (2010–2025 рр.) застосування добрив у польовій сівозміні

Варіант досліджу	Частка в ЄКО, %						V, %
	H ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca + Mg	
2010 р.*	11,5	75,6	9,8	2,8	0,3	85,4	89,9
Без добрив (контроль)	11,7	74,4	12,8	2,8	0,3	87,2	89,7
N ₅₅	13,0	72,3	11,8	2,6	0,3	84,1	89,6
N ₁₁₀	13,4	72,2	11,8	2,7	0,4	84,0	89,3
P ₆₀ K ₈₀	11,8	75,8	11,8	3,3	0,4	87,6	90,6
N ₁₁₀ K ₈₀	13,5	72,0	11,4	3,4	0,3	83,4	89,2
N ₁₁₀ P ₆₀	13,4	70,0	10,9	2,5	0,3	80,9	89,8
N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	13,0	73,0	11,3	2,9	0,3	84,3	89,9
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	12,7	72,5	11,2	3,1	0,3	83,7	89,5
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	12,4	69,5	11,1	2,8	0,2	80,6	89,8
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	12,5	72,4	11,5	2,8	0,3	83,9	89,7
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀	12,7	72,8	11,5	3,1	0,3	84,3	89,8

Примітка. Вихідні дані перед закладанням досліджу.

Це зменшує накопичення токсичних іонів і поліпшує засвоєння поживних речовин за підвищеної кислотності [8].

Широке застосування удобрювальних продуктів і дія техногенних чинників значно посилює навантаження на ґрунт. Нині підкислення ґрунтів – один з основних ґрунтово-деградаційних процесів, через який зазвичай проявляється дія техногенного забруднення. Реакція ґрунту впливає на швидкість та спрямованість хімічних і біологічних процесів, розвиток рослин і ґрунтових мікроорганізмів. Добрива зазвичай змінюють реакцію ґрунтового середовища [14, 15]. Вважається, що обмінний ґрунтовий комплекс повинен містити 65% кальцію, 10–магнію, 5 – калію і 20% водню [11].

Як видно з даних табл. 2, вміст водню в структурі ЄКО становить 11,5–13,5% і збільшився у варіантах досліді з удобренням в основному під впливом застосування азотних добрив. Незначна зміна вмісту водню в ЄКО за період проведення досліді, на думку вчених [15], пояснюється потеплінням клімату та зміною затяжних спекотних періодів на короткотривалі дощові.

Вміст кальцію в ЄКО має тісний зв'язок з процесами накопичення й розкладання органічної речовини ґрунту. Цей зв'язок буває прямим – у результаті утворення важкорозчинних гуматів кальцію, так і побічним – змінюється реакція ґрунту та його фізичні властивості. Консервування органічної речовини у ґрунті зменшує втрати кальцію та сприяє накопиченню гумусу [17]. Вважається, що насиченість ґрунту важкого гранулометричного складу кальцієм і магнієм відповідно повинна бути 70% і 10%, тобто оптимальний сумарний вміст – 80%. Якщо вміст магнію в ЄКО глинистих ґрунтів 10–12%, дефіцит його в живленні рослин не повинен проявлятися [11].

Дослідженнями встановлено, що частка кальцію й магнію в складі ЄКО була в оптимальних межах – відповідно 69,5–75,8% і 10,9–12,8%. Незначне підвищення частки кальцію в ґрунті удобрених ділянок можна пояснити поверненням його з висхідним потоком води по ґрунтових капілярах. Вважається, що 20–30% вимитого з верхнього шару кальцію і магнію в посушливий період може повертатися в орний шар ґрунту [11].

За порушення оптимального відношення $Ca^{2+} : Mg^{2+}$ і $Mg^{2+} : K^{+}$ вирощувані культури відчувають дефіцит або надлишок магнію для формування врожаю, навіть за високого його вмісту в ґрунті [11].

Відношення $Ca^{2+} : Mg^{2+}$ у структурі ЄКО ґрунту було 7,7, а після тривалого застосування добрив залежно від варіанту досліді – в межах 5,8–6,5 і було найнижчим на ділянках без удобрення.

Вважається, що за відношення $Mg^{2+} : K^{+}$ менш як 2, проявляється різкий дефіцит магнію, 2–5 – збалансоване живлення рослин цими елементами, більше ніж 5 – різкий дефіцит калію [13]. Дослідженнями встановлено, що це відношення в ґрунті перед закладанням досліді становило 3,5, а після тривалого використання

ґрунту без внесення мінеральних добрив підвищилось до 4,8. Значне підвищення відношення $Mg^{2+} : K^{+}$ – 4,4 пройшло також у варіанті досліді $N_{110}P_{60}$, що показує можливий дефіцит калію в живленні рослин.

Ступінь насиченості ґрунту основами за період проведення досліді майже не змінився і був у межах 89,2–90,6% за вихідного показника 89,9%.

Відсутність значних змін у складі ЄКО свідчить про селективність цього процесу, хід якого, крім хімізму елементів, визначається складом ЄКО і ґрунтової маси в цілому. На стабільність показника також впливають особливості біохімічних циклів речовин у певних ґрунтово-кліматичних умовах.

Висновки. 1. Тривале застосування різних систем удобрення, так і без них істотно не впливало на вміст гумусу, який був у межах 3,7–4,1%. Незначні зміни вмісту гумусу можна пояснити залишення на полі нетоварної продукції усіх культур сівозміни.

2. У варіантах досліді $N_{110}P_{60}$ та $N_{110}P_{30-60}K_{40-80}$ порівняно неудобреними ділянками, було незначне – на 7–8% підвищення ЄКО, що можна пояснити більшим надходженням у ґрунт органічної речовини з поживно-кореновими рештками.

3. Структура ЄКО чорнозему опідзоленого під дослідом близька до оптимальної і під впливом 15-річного застосування різних систем застосування мінеральних добрив за умови залишення на полі нетоварного врожаю не зазнала суттєвих змін.

4. Частка кальцію та магнію в складі ЄКО була в оптимальних межах – відповідно 69,5–75,8% і 10,9–12,8%. Незначне зниження частки кальцію в ґрунті удобрених ділянок можна пояснити поверненням його з висхідним потоком води по ґрунтових капілярах.

5. Відношення $Ca^{2+} : Mg^{2+}$ у структурі ЄКО ґрунту було 7,7, а після тривалого застосування добрив залежно від варіанту досліді – в межах 5,8–6,5 з найнижчим значенням на ділянках без удобрення. Відношення $Mg^{2+} : K^{+}$ перед закладанням досліді становило 3,5, а після тривалого використання ґрунту без внесення мінеральних добрив підвищилось до 4,8. Значне підвищення відношення $Mg^{2+} : K^{+}$ – 4,4 пройшло також у варіанті досліді $N_{150}P_{60}$, що показує про можливий дефіцит калію в живленні рослин.

Література

- Barrow, N. J., Hartemink, A. E. (2023). The effects of pH on nutrient availability depend on both soils and plants. *Plant Soil*, 487, 21–37. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-05960-5>
- Hu, X. J.; Liu, J. J.; Wei, D. et al. (2017). Effects of over 30-year of different fertilization regimes on fungal community compositions in the black soils of northeast China. *Agric. Ecosyst. Environ.* 248, 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.07.031>
- Kuncheva, G., Gynchev, G., Perfanova, J. et al. (2025). Multivariate Analyses of Soil Properties and CO₂ Emissions Under Long-Term Fertilization and

Crop Rotation in Luvic Chernozem. *Nitrogen*, 6(2), 39. <https://doi.org/10.3390/nitrogen6020039>

4. Luo, P., Han, X., Wang, Y. et al. (2015). Influence of long-term fertilization on soil microbial biomass, dehydrogenase activity, and bacterial and fungal community structure in a brown soil of northeast China. *Ann. Microbiol.* 65, 533–542. <https://doi.org/10.1007/s13213-014-0889-9>

5. Šimanský, V., Jonczak, J., Horváthová, J. et al. (2022). Does long-term application of mineral fertilizers improve physical properties and nutrient regime of sandy soils? *Soil Tillage Res.*, 215, 105224. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105224>

6. Šimanský, V., Juriga, M., Jonczak, J. et al. (2019). How relationships between soil organic carbon parameters and soil structure characteristics are affected by the long-term fertilization of a sandy soil. *Geoderma*, 342, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.02.020>

7. Ullah, S., Ai, C., Ding, W. et al. (2019). The response of soil fungal diversity and community composition to long-term fertilization. *Appl. Soil Ecol.* 140, 35–41. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.03.025>

8. Warke A. T., Wakgari T. (2024). A Review on the Impact of Soil Acidification on Plant Nutrient Availability, Crop Productivity, and Management Options in the Ethiopian Highlands. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 13 (2), 31–45. <https://doi.org/10.11648/j.aff.20241302.13>

9. Warncke, D., Brown's, J. R. (1998). Potassium and Other Basic Cations. Recommended Chemical Soil Test Procedures for the North Central Region. NCR Publication, no. 221, 31–33.

10. Внутрігосподарський контроль стану ґрунтів (наукові рекомендації); за ред. М. Мірошниченка. Харків : 2023. 121 с.

11. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2024. 572 с.

12. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В. Трансформація кислотно-основних властивостей ґрунту за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2014. №1. С. 8–12.

13. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Нікітіна О. В. Агрохімія калію / за заг ред. Г. М. Господаренка. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2021. 264 с.

14. Носко Б. С. Антропогенна еволюція чорноземів. Харків : Вид. «13 типографія», 2006. 239 с.

15. Основи управління родючістю ґрунтів. Р. С. Трускавецький, Ю. Л. Цапко; за наук. ред. Р. С. Трускавецького. Харків : ФОП Бровін О. В., 2016. 388 с.

16. Стаціонарні польові дослідження України. Реєстр атестатів. Київ : Аграрна наука, 2014. 146 с.

17. Трус О. М., Господаренко Г. М., Прокопчук І. В. Гумус чорнозему опідзоленого та його відтворення. Умань : ВПЦ «Візаві», 2016. 228 с.

References

1. Barrow, N. J., Hartemink, A. E. (2023). The effects of pH on nutrient availability depend on both soils and plants. *Plant Soil*, 487, 21–37. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-05960-5>

2. Hu, X. J.; Liu, J. J.; Wei, D. et al. (2017). Effects

of over 30-year of different fertilization regimes on fungal community compositions in the black soils of north-east China. *Agric. Ecosyst. Environ.* 248, 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.07.031>

3. Kuncheva, G., Gynchev, G., Perfanova, J. et al. (2025). Multivariate Analyses of Soil Properties and CO₂ Emissions Under Long-Term Fertilization and Crop Rotation in Luvic Chernozem. *Nitrogen*, 6(2), 39. <https://doi.org/10.3390/nitrogen6020039>

4. Luo, P., Han, X., Wang, Y. et al. (2015). Influence of long-term fertilization on soil microbial biomass, dehydrogenase activity, and bacterial and fungal community structure in a brown soil of northeast China. *Ann. Microbiol.* 65, 533–542. <https://doi.org/10.1007/s13213-014-0889-9>

5. Šimanský, V., Jonczak, J., Horváthová, J. et al. (2022). Does long-term application of mineral fertilizers improve physical properties and nutrient regime of sandy soils? *Soil Tillage Res.*, 215, 105224. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105224>

6. Šimanský, V., Juriga, M., Jonczak, J. et al. (2019). How relationships between soil organic carbon parameters and soil structure characteristics are affected by the long-term fertilization of a sandy soil. *Geoderma*, 342, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.02.020>

7. Ullah, S., Ai, C., Ding, W. et al. (2019). The response of soil fungal diversity and community composition to long-term fertilization. *Appl. Soil Ecol.* 140, 35–41. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.03.025>

8. Warke A. T., Wakgari T. (2024). A Review on the Impact of Soil Acidification on Plant Nutrient Availability, Crop Productivity, and Management Options in the Ethiopian Highlands. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 13 (2), 31–45. <https://doi.org/10.11648/j.aff.20241302.13>

9. Warncke, D., Brown's, J. R. (1998). Potassium and Other Basic Cations. Recommended Chemical Soil Test Procedures for the North Central Region. NCR Publication, no. 221, 31–33.

10. Miroshnychenko, M. (Ed.). (2023). Vnutrihospodarskyi kontrol stanu gruntiv: naukovii rekomendatsii [Internal farm soil condition control: scientific recommendations]. Kharkiv: 121 [in Ukrainian].

11. Hospodarenko, H.M. (2024). Ahrokhimiia [Agrochemistry]. Kyiv: TROPEA, 572 [in Ukrainian].

12. Hospodarenko, H.M., & Prokopchuk, I.V. (2014). Transformatsiia kyslotno-osnovnykh vlastyvostei gruntu za tryvaloho zastosuvannia dobriv u polovii sivozmini [Transformation of soil acid-base properties under long-term application of fertilizers in a field crop rotation]. Uman: Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva, vol. 1, 8–12 [in Ukrainian].

13. Hospodarenko, H.M., Cherny, O.D., & Nikitina, O.V. (2021). Ahrokhimiia kaliu [Agrochemistry of potassium]. Kyiv: TROPEA, 264 [in Ukrainian].

14. Nosko, B.S. (2006). Antropohenna evoliutsiia chornozemiv [Anthropogenic evolution of chernozems]. Kharkiv: 13 Typohrafiia, 239 [in Ukrainian].

15. Truskavetskyi, R.S., & Tsapko, Yu.L. (2016). Osnovy upravlinnia rodichistiu gruntiv [Fundamentals of soil fertility management]. Kharkiv: Brovin O.V., 388 [in Ukrainian]

16. Statsionarni polovi doslidy Ukrainy. Reiestr atestativ [Stationary field experiments of Ukraine. Register of certificates]. Kyiv: Ahrarna nauka, 146 [in Ukrainian].

17. Trus, O.M., Hospodarenko, H.M., & Prokopchuk, I.V. (2016). Humus chornozemu opidzolenoho ta yoho vidtvorennia [Humus of podzolized chernozem and its reproduction]. Uman: Vizavi, 228 [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 26.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 27.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 26.05.2026

**Р. В. Яковенко**

доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри плодівництва і виноградарства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: plodroma78@gmail.com
orcid.org/0000-0001-7263-7092

**В. Ю. Лабунець**

аспірант кафедри плодівництва і виноградарства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: labunetsvladislav@ukr.net
orcid.org/0009-0005-1546-2595

РІСТ І ВРОЖАЙНІСТЬ ДЕРЕВ ЯБЛУНІ ЗАЛЕЖНО ВІД ОПТИМІЗОВАНОГО АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ

Оптимізація мінерального азотного живлення виступає одним з дієвих чинників за інтенсифікації садівництва та підвищення продуктивності плодових насаджень. Забезпечення дерев азотом у продовж вегетаційного періоду є визначальним фактором формування надземної частини дерева, розвитку кореневої системи та підвищення врожайності насаджень. Потенційна продуктивність яблуневих садів включає в себе показники ефективної взаємодії між листовим покривом і накопиченням фітомаси окремими деревами та насадженням в цілому. Важливими показниками росту дерев є приріст діаметра штамбу, пагонів, сумарне нарощування фітомаси дерева, яке включає в себе потенційну продуктивність насаджень.

Розглянуто результати досліджень впливу оптимізованого азотного живлення на ростові показники та врожайність яблуні сортів Ред Топаз і Рубінола на чорноземі опідзоленому в Правобережному Лісостепу України. Дослідження проводили в 2024–2025 рр. у дослідному насажденні яблуні навчально-виробничого відділу Уманського національного університету. Об'єктом досліджень були різні варіанти азотного живлення дерев яблуні сортів Ред Топаз і Рубінола на підщепі М-26 за схеми садіння 4×1,5 м.

В середньому за два роки проведення досліджень приріст діаметру штамбу у сорту Рубінола більший на 11% ніж у сорту Ред Топаз. Серед варіантів удобрення найвищий показник на ділянках виробничого контролю (N90). Приріст пагона досліджуваних сортів яблуні знаходиться в оптимальних межах (25–40 см). Збільшенню приросту пагона сприяли варіанти удобрення N90 і модель азотного живлення, де підвищення контролю становило, відповідно, 10,7–15,7 і 8,4–17,3%. За розрахункового внесення добрив (на основі показників нітрифікаційної здатності та моделі азотного живлення) підвищився врожай у дерев сорту Ред Топаз на 13–15% порівняно з абсолютним контролем і на 6–8% з виробничим. У сорту Рубінола перевищення виробничого контролю становило 14%.

Ключові слова: яблуня, сорти, Ред Топаз, Рубінола, азотне живлення, ріст дерев, урожайність насаджень.

R. V. Yakovenko

Doctor of Agricultural Science,
Professor at the Department of Fruit Growing and Viticulture,
Head of the Department of Fruit Growing and Viticulture,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: plodroma78@gmail.com
orcid.org/0000-0001-7263-7092

V. Yu. Labunets

Graduate student at the Department of Horticulture and Viticulture,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: labunetsvladislav@ukr.net
orcid.org/0009-0005-1546-2595

GROWTH AND PRODUCTIVITY OF APPLE TREES UNDER OPTIMIZED NITROGEN FERTILIZATION

Optimization of mineral nitrogen nutrition is one of the key factors in the intensification of fruit growing and in increasing the productivity of orchards. Ensuring an adequate nitrogen supply to trees throughout the growing season is a decisive factor in the formation of the aboveground part of the tree, the development of the root system, and the enhancement of orchard productivity.

Nitrogen nutrition significantly affects the photosynthetic activity of the leaf apparatus. A sufficient nitrogen concentration in plant tissues stimulates chlorophyll biosynthesis, which enhances metabolic processes and promotes the differentiation of generative buds. This creates a physiological basis for obtaining high and stable yields.

The potential productivity of apple orchards encompasses indicators reflecting the effective interaction between the leaf canopy and the accumulation of phytomass by individual trees and by the orchard as a whole. Important indicators of tree growth include increases in trunk diameter, shoot growth, and the total accumulation of tree phytomass, which collectively determine the potential productivity of the plantation [2, 4].

The realization of the potential productivity of apple orchards results from the synergistic interaction between the structure of the assimilatory apparatus and the dynamics of organic matter accumulation, both at the level of the individual tree and of the agro-phytocenosis as a whole. The total biological biomass yield, including both vegetative organs and the marketable yield, is a comprehensive indicator of the adaptability and productivity of cultivar–rootstock combinations within specific growing zones characterized by diverse soil and climatic conditions.

The results of studies on the effect of optimized nitrogen nutrition on growth parameters and yield of apple cultivars Red Topaz and Rubinola grown on podzolized chernozem in the Right-Bank Forest-Steppe zone of Ukraine are presented. The research was conducted in 2024–2025 in an experimental apple orchard of the Educational and Production Department of Uman National University. The objects of the study were different nitrogen nutrition treatments applied to apple trees of the cultivars Red Topaz and Rubinola grafted on M.26 rootstock, planted at a spacing of 4 × 1.5 m.

On average over the two years of research, the increase in trunk diameter of the cultivar Rubinola was 11% greater than that of Red Topaz. Among the fertilization treatments, the highest values were recorded in the production control plots (N90). Shoot growth of the studied apple cultivars was within the optimal range (25–40 cm). Increased shoot growth was promoted by the N90 treatment and by the nitrogen nutrition model, where the increase over the control was 10.7–15.7% and 8.4–17.3%, respectively.

Under calculated fertilizer application rates (based on nitrification capacity indicators and the nitrogen nutrition model), the yield of Red Topaz trees increased by 13–15% compared with the absolute control and by 6–8% compared with the production control. For the cultivar Rubinola, the yield exceeded the production control by 14%.

Key words: apple, cultivars, Red Topaz, Rubinola, nitrogen nutrition, tree growth, orchard productivity.

Постановка проблеми. Оптимізація мінерального азотного живлення виступає одним з дієвих чинників за інтенсифікації садівництва та підвищення продуктивності плодкових насаджень. Забезпечення дерев азотом у продовж вегетаційного періоду є визначальним фактором формування надземної частини дерева, розвитку кореневої системи та підвищення врожайності дерев [1].

Азотне живлення впливає на фотосинтетичну активність листкового апарату. Достатня концентрація азоту в тканинах стимулює біосинтез хлорофілу, що активізує процеси метаболізму та сприяє диференціації генеративних бруньок. Це створює фізіологічне підґрунтя для отримання високих і стійких врожаїв [2, 3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Потенційна продуктивність яблуневих садів включає в себе показники ефективної взаємодії між листовим покривом і накопиченням фітомаси окремими деревами та насадженням в цілому. Важливими показниками росту дерев є приріст діаметра штамбу, пагонів, сумарне нарощування фітомаси дерева, яке включає в себе потенційну продуктивність насаджень [2, 4].

Реалізація потенційної продуктивності яблуневих насаджень є результатом синергетичної взаємодії між структурою асиміляційного апарату та динамікою акумуляції органічної речовини, як на рівні окремого дерева, так і агрофітоценозу в цілому. Сумарний біологічний вихід біомаси, що включає як вегетативні органи, так і врожай, є комплексним показником адаптивності та продуктивності сортопідщепних комбінацій

у конкретних зонах вирощування, які відрізняються різними ґрунтово-кліматичними умовами [1, 2, 5-7].

Метою статті є вивчення впливу оптимізованого азотного живлення на підтримання процесів наростання біомаси надземної частини, забезпечивши при цьому рівновагу між ростом і плодоношенням.

Методика дослідження. Дослідження проводили у дослідному саду яблуні Уманського національного університету з сортами Ред Топаз і Рубінола зі схемою садіння дерев 4×1,5 м на напівкарликовій підщепі М.26. Ґрунт дослідної ділянки чорнозем опідзолений з вмістом гумусу в шарах 0–20 і 20–40 см відповідно 4,2 та 3,4%, вміст рухомих фосфатів складав 128 та 119 мг/кг, а калію – 230 та 131 мг/кг відповідно. Реакція ґрунтового розчину становила $pH_{\text{сол}} 6,0$.

Утримували ґрунт в міжрядді за дерново-перегнійною системою, у пристовбурній смузі – гербіцидний пар. Насадження яблуні не зрошували. Досліджувався вплив двох чинників: сортів і варіантів азотного живлення. Варіанти азотного живлення включали в себе: внесення у ґрунт 90 кг/га д.р. азоту (виробничий контроль); внесення азоту в ґрунт на основі показників нітрифікаційної здатності (доведення до оптимального вмісту в ґрунті азоту 22–25 мг/кг ґрунту); модель розрахунку азотного живлення (від рекомендованої доза віднімали фактичний вміст в ґрунті нітратного азоту за показником нітрифікаційної здатності); варіант де добрива не застосовували (абсолютний контроль). Азотні добрива (аміачна селітра) вносили весною за два тижні до початку цвітіння дерев.

Дослідження виконувались за стандартизованими загальноприйнятими методиками. При визначенні найменшої істотної різниці використовували багатофакторний дисперсійний аналіз [8, 9].

Основні результати дослідження. Приріст діаметра штамба яблуні є ключовим показником балансу між ростовими та генеративними процесами дерева впродовж вегетації. В середньому за два роки проведення досліджень приріст діаметра штамбу дерев яблуні сортів Ред Топаз і Рубінола залежав, як від сорту так й варіантів азотного живлення (табл. 1).

У 2024 році він був вищим у сорту Ред Топаз порівняно з Рубінолою, а серед варіантів удобрення - за внесення 90 кг/га д.р. азоту, де підвищення до контролю становило, відповідно, 55 і 75%. Варіанти з розрахунковим внесенням азоту мали дещо нижчі показники, хоча істотні порівняно з абсолютним контролем (без добрив). 2025 рік характеризувався зниженням приросту діаметру штамбу в дерев сорту Ред Топаз і підвищенням – у сорту Рубінола, що пояснюється різним навантаженням дерев врожаєм досліджуваних сортів. Серед варіантів азотного удобрення найвищий показник був у виробничому контролі (N₉₀) і за моделі розрахунку азотного живлення. Характеризуючи середні данні приросту діаметру штамба можна відмітити, що у сорту Рубінола даний показник на 11% вищий ніж у сорту Ред Топаз. Серед варіантів удобрення показники на виробничому контролі і за моделі азотного живлення були вищими ніж

на абсолютному контролі в обох сортів, відповідно, на 68-76% і 38-47%.

Також одним із важливих ростових показників, що вказують на інтенсивність ростових процесів у надземній частині дерева, є середня довжина приросту пагона. У продовж років досліджень середня довжина пагона дерев яблуні дослідних сортів різнилася залежно сорту, варіантів удобрення та врожайності дерев (табл. 2).

Так, у 2024 році приріст пагонів у сорту Ред Топаз на ділянках дослідних варіантів був у межах 31,2-33,2 см і істотного збільшення порівняно з контролем не спостерігалось. Дерев сорту Рубінола мали дещо більший приріст пагонів і істотний у варіантах виробничого контролю (37,4 см) і моделі розрахунку азотного живлення (33,6 см). У 2025 році спостерігалось збільшення довжини середнього приросту пагона по всіх досліджуваних варіантах обох сортів, за виключенням у сорту Ред Топаз варіанта, де добрива не вносились (абсолютний контроль).

В середньому за два роки проведення досліджень середня довжина пагона досліджуваних сортів яблуні була в оптимальних межах (25-40 см) для інтенсивних насаджень і у варіантах N₉₀ та моделі азотного живлення збільшення контролю становило, відповідно, 10,7-15,7 і 8,4-17,3%.

Одним з основних показників, що визначає продуктивність насаджень яблуні є врожайність дослідних дерев. Вона залежала від навантаження дерев плодами і погодних умов,

Таблиця 1

Приріст діаметра штамбу дерев яблуні залежно від оптимізованого азотного живлення, мм

Сорт (чинник А)	Удобрення азотом (чинник В)	Рік досліджень		Середнє за два роки
		2024	2025	
Ред Топаз	0 (абсолютний контроль)	2,2	1,6	1,9
	N ₉₀ (виробничий контроль)	3,4	3,0	3,2
	N за нітрифікаційною здатністю	3,2	2,2	2,7
	N модель розрахунку азотного живлення	2,8	2,8	2,8
Рубінола	0 (абсолютний контроль)	1,6	2,6	2,1
	N ₉₀ (виробничий контроль)	2,8	4,6	3,7
	N за нітрифікаційною здатністю	2,0	3,2	2,6
	N модель розрахунку азотного живлення	2,0	3,8	2,9
HIP ₀₅		0,2	0,3	-

Таблиця 2

Середня довжина пагона дерев яблуні залежно від азотного живлення, см

Сорт (чинник А)	Удобрення азотом (чинник В)	Рік досліджень		Середнє за два роки
		2024	2025	
Ред Топаз	0 (абсолютний контроль)	31,2	30,6	30,9
	N ₉₀ (виробничий контроль)	33,2	35,2	34,2
	N за нітрифікаційною здатністю	31,4	33,6	32,5
	N модель розрахунку азотного живлення	32,4	34,6	33,5
Рубінола	0 (абсолютний контроль)	30,1	34,0	32,4
	N ₉₀ (виробничий контроль)	37,4	37,6	37,5
	N за нітрифікаційною здатністю	30,8	40,8	35,5
	N модель розрахунку азотного живлення	33,6	42,4	38,0
HIP ₀₅		2,3	4,2	-

Таблиця 3

Урожайність дерев яблуні залежно від оптимізованого азотного живлення, см

Сорт (чинник А)	Удобрення азотом (чинник В)	Рік досліджень		Сумарна за два роки
		2024	2025	
Ред Топаз	0 (абсолютний контроль)	13,0	19,4	16,2
	N ₉₀ (виробничий контроль)	14,1	20,3	17,2
	N за нітрифікаційною здатністю	14,9	21,6	18,3
	N модель розрахунку азотного живлення	14,3	22,9	18,6
Рубінола	0 (абсолютний контроль)	14,8	11,7	13,3
	N ₉₀ (виробничий контроль)	16,7	13,3	15,0
	N за нітрифікаційною здатністю	15,7	14,5	15,1
	N модель розрахунку азотного живлення	15,8	14,4	15,1
HIP ₀₅		1,8	2,2	-

які склалися на весні 2025 року, коли відбулося часткове пошкодження квіток за рахунок пониження температури в період цвітіння дерев, особливо у сорту Рубінола, що негативно вплинуло на загальну врожайність дослідних дерев (табл. 3). У 2024 році дерева сорту Рубінола мали більшу врожайність на 1,8 т/га порівняно з сортом Ред Топаз, хоча дане збільшення було в межах похибки досліду. Серед досліджуваних варіантів найкращий результат отримано у виробничому контролі та за моделі розрахунку азотного живлення. У 2025 році врожайність сорту Ред Топаз підвищилася по всіх варіантах і найвищою була у варіантах з розрахунковою нормою азотного добрива. Перевищення виробничого і абсолютного контролів становило, відповідно, 11-18 і 6-13%. Деревя сорту Рубінола мали дещо нижчу врожайність, але вплив досліджуваних варіантів азотного живлення був подібним.

Характеризуючи середню за два роки врожайність дерев можна відмітити, що за оптимізації азотного живлення спостерігалось підвищення врожайності в дослідних варіантах. Так, у дерев сорту Ред Топаз врожайність у дослідних варіантах була у межах 16,2-18,6 т/га і Рубінола – 13,3-15,1 т/га. За розрахункового внесення добрив підвищення врожаю в дерев сорту Ред Топаз відбулося, відповідно, на 13-15% порівняно з абсолютним контролем і на 6-8% – з виробничим. У сорту Рубінола перевищення абсолютного контролю становило 14%.

Висновки. В середньому за два роки проведення досліджень приріст діаметру штамба у сорту Рубінола більший на 11% ніж у сорту Ред Топаз. Серед варіантів удобрення найвищий показник на ділянках виробничого контролю (N₉₀). Середній приріст пагона досліджуваних сортів яблуні знаходиться в оптимальних межах (25-40 см) для насаджень яблуні. Збільшенню приросту пагонів сприяли варіанти удобрення N₉₀ і модель азотного живлення, де підвищення контролю становило, відповідно, 10,7-15,7 і 8,4-17,3%.

За розрахункового внесення добрив (на основі показників нітрифікаційної здатності та моделі азотного живлення) підвищився на 13-15% врожай у дерев сорту Ред Топаз порівняно

з абсолютним контролем і на 6-8% з виробничим. У сорту Рубінола перевищення абсолютного контролю становило 14%.

Література

1. Копитко П. Г. Удобрення плодкових і ягідних культур. Київ: Вища школа, 2001. 205 с.
2. Яковенко Р.В. Основи підвищення продуктивності яблуні і груші за оптимізованого удобрення: Рефер. дис. докт. с.-г. наук. Умань. 2022. 40 с.
3. Wang G., Wang J., Han X., Chen R., Xue X., Xue X. Effects of spraying calcium fertilizer on photosynthesis, mineral content, sugar-acid metabolism and fruit quality of fuji apples. *Agronomy*. Vol. 12. № 10. 2022. DOI: 10.3390/agronomy12102563.
4. Chou S., Chen B., Chen J., Wang M., Wang S., Croft H., Shi Q. Estimation of leaf photosynthetic capacity from the photochemical reflectance index and leaf pigments. *Ecol. Indic.* 2020. Vol. 110. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105867.
5. Кондратенко Т.Є. Яблуня в Україні. Сорти. К.: Світ. 2001. 297 с.
6. Hou L., Liu Z., Zhao J., Ma P., Xu X. Comprehensive assessment of fertilization, spatial variability of soil chemical properties, and relationships among nutrients, apple yield and orchard age: A case study in Luochuan County, China. *Ecological indicators*. Vol. 122. 2021. DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.107285.
7. Яковенко Р. В., Трушев І. М. Ріст і врожайність дерев яблуні сорту Чемпіон Арно залежно від оптимізованого удобрення. *Вісник Уманського НУС*. 2023. №2. С. 64–70. DOI: 10.32782/2310-0478-2023-2-64-70
8. Кондратенко П. В., Бублик М. О. Методика проведення польових досліджень з плодovими культурами. Київ, 1996. 95 с.
9. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогриз П.В., Опришко В.П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. Вінниця : ПП «ТД Едельвейс і К», 2014. 332 с.

References

1. Kopytko, P.H. (2001). Udobrennia plodovykh i yahidnykh kultur: navch. posib. [Fertilization of fruit and small fruit/berry crops]. Kyiv: Vyshcha shkola, 205 [in Ukrainian].

2. Yakovenko, R.V. (2022). Osnovy pidvyshchennia produktyvnosti yabluni i hrushi za optymizovanoho udobrennia: [Fundamentals of increasing the productivity of apple and pear under optimized fertilization]. refer. dys. Uman, 40 [in Ukrainian].

3. Wang, G., Wang, J., Han, X., Chen, R., Xue, X., Xue, X. (2022). Effects of spraying calcium fertilizer on photosynthesis, mineral content, sugar-acid metabolism and fruit quality of fuji apples. *Agronomy*. 12 (10). DOI: 10.3390/agronomy12102563.

4. Chou S., Chen B., Chen J., Wang M., Wang S., Croft H., Shi Q. (2020). Estimation of leaf photosynthetic capacity from the photochemical reflectance index and leaf pigments. *Ecol. Indic.* 110. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105867.

5. Kondratenko, T.Ie. (2001). Yablunia v Ukraini. Sorty. [Apple in Ukraine. Cultivars]. Kyiv: Svit, 297 [in Ukrainian].

6. Hou, L., Liu, Z., Zhao, J., Ma, P., Xu, X. (2021). Comprehensive assessment of fertilization, spatial variability of soil chemical properties, and relationships

among nutrients, apple yield and orchard age: A case study in Luochuan County, China. *Ecological indicators*. Vol. 122. DOI:10.1016/j.ecolind.2020.107285.

7. Yakovenko, R.V., Trushev, I.M. (2023). Rist i vrozhainist derev yabluni sortu Chempion Arno zalezno vid optymizovanoho udobrennia. [Growth and yield of apple trees of the Champion Arno cultivar depending on optimized fertilization]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2. 64-70. DOI: 10.32782/2310-0478-2023-2-64-70 [in Ukrainian].

8. Kondratenko, P.V., Bublyk, M.O. (1996). Metodyka provedennia polovykh doslidzhen z plodovymy kulturamy. [Methodology of conducting field experiments with fruit crops]. Kyiv, 95 [in Ukrainian].

9. Ieschenko, V.O., Kopytko, P.H., Kostohryz, P.V., Opryshko, V.P. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: textbook. [Principles of doing the research in agronomy]. Vinnytsia: PP "TD Edelweis I Ko", 332 [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 20.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 27.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 26.05.2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії
відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 635.262-047.44

DOI <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2026-1-73-78>



В. В. Яценко

доктор сільськогосподарських наук,
доцент кафедри рослинництва,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: slaviksklavin16@gmail.com
orcid.org/0000-0003-2989-0564



В. С. Горбенко

здобувач освітньо-наукового ступеня
доктор філософії кафедри рослинництва
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: viachyats@gmail.com
orcid.org/0009-0006-2434-7094

СОРТОВІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СОЇ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Соя (*Glycine max* (L.) Merrill) є однією з провідних зернобобових культур світового землеробства завдяки високому вмісту білка та жиру, що зумовлює її важливе продовольче й кормове значення. В умовах інтенсифікації агропромисловництва актуальним є впровадження ресурсозберігаючих систем обробітку ґрунту, які здатні зменшити енергетичні витрати та ерозійні процеси, однак їхній вплив на продуктивність сої в ґрунтово-кліматичних умовах Правобережного Лісостепу України залишається недостатньо вивченим. Метою дослідження було оцінити вплив традиційної, мінімізованої (Mini-till) та смугової (Strip-till) систем обробітку ґрунту на індивідуальну продуктивність рослин і врожайність двох середньостиглих сортів сої — ЕС Ментор і Паллада. Польові дослідження проведено у 2024–2025 роках на чорноземі опідзоленому важкосуглинкового гранулометричного складу за схемою split-plot у чотирикратній повторності. Оцінювали масу насіння з однієї рослини як інтегральний показник індивідуальної продуктивності та рівень урожайності культури. Результати досліджень показали, що система обробітку ґрунту істотно впливає на формування продуктивних ознак сої. Найвищі значення маси насіння з рослини та врожайності отримано за традиційної системи обробітку, що зумовлено кращими агрофізичними параметрами ґрунту та сприятливішими умовами розвитку кореневої системи. Застосування систем Mini-till і Strip-till супроводжувалося помірним, але статистично стабільним зниженням маси насіння з однієї рослини (на 3–4%) і врожайності (на 2,6–3,2%) порівняно з традиційним обробітком. Водночас отримані рівні продуктивності залишалися близькими до контролю та перебували в межах середньої мінливості ознак. Сорт ЕС Ментор достовірно переважав сорт Паллада за всіма показниками продуктивності незалежно від системи обробітку ґрунту, що свідчить про домінуючу роль сортового фактора у формуванні врожайності. Відсутність істотної взаємодії «сорт × система обробітку» вказує на універсальність сортової реакції на досліджувані агротехнічні чинники. Отримані результати підтверджують доцільність використання мінімізованих і смугових систем обробітку ґрунту в поєднанні з високопродуктивними сортами сої як складової сталого та ресурсозберігаючого землеробства в умовах Правобережного Лісостепу України.

Ключові слова: соя, система обробітку ґрунту, традиційний обробіток, mini-till, strip-till, сортові особливості, маса насіння, врожайність.

V. V. Yatsenko

Doctor of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Crop Production,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: slaviksklavin16@gmail.com
orcid.org/0000-0003-2989-0564

V. S. Horbenko

PhD student at the Department of Crop Production,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: viachyats@gmail.com
orcid.org/0009-0006-2434-7094

VARIETAL CHARACTERISTICS OF SOYBEAN YIELD FORMATION UNDER DIFFERENT TILLAGE SYSTEMS IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is one of the leading grain legume crops in global agriculture due to its high protein and oil contents, which determine its substantial importance for food and feed production. Under conditions of increasing agricultural intensification, the implementation of resource-saving tillage systems has become increasingly relevant, as such systems are capable of reducing energy inputs and mitigating soil erosion processes. However, their effects on soybean productivity under the soil and climatic conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine remain insufficiently studied. The aim of this study was to assess the effects of conventional, reduced (Mini-till), and strip tillage (Strip-till) systems on individual plant productivity and yield performance of two mid-season soybean cultivars, ES Mentor and Pallada. Field experiments were conducted during 2024–2025 on podzolized chernozem soil with a heavy loam texture, using a split-plot design with four replications. Seed mass per plant was evaluated as an integral indicator of individual productivity, along with overall crop yield. The results demonstrated that the tillage system significantly affected the formation of soybean productivity traits. The highest seed mass per plant and yield levels were obtained under the conventional tillage system, which can be attributed to more favorable agrophysical soil properties and improved conditions for root system development. The application of Mini-till and Strip-till systems resulted in a moderate but statistically stable reduction in seed mass per plant (by 3–4%) and yield (by 2.6–3.2%) compared with conventional tillage. Nevertheless, productivity levels under reduced tillage systems remained close to the control and within the range of moderate variability. The cultivar ES Mentor significantly outperformed Pallada across all productivity parameters regardless of the tillage system, indicating the dominant role of the varietal factor in yield formation. The absence of a significant "cultivar × tillage system" interaction suggests a uniform cultivar response to the studied agronomic practices. Overall, the findings confirm the feasibility of applying reduced and strip tillage systems in combination with high-yielding soybean cultivars as a component of sustainable and resource-efficient agriculture in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: soybean, tillage system, conventional tillage, mini-till, strip-till, cultivar traits, seed mass, yield.

Постановка проблеми. Соя (*Glycine max* (L.) Merrill) є однією з найбільш цінних і важливих зернобобових культур, які вирощують у світі. Її насіння характеризується високою поживною цінністю, оскільки містить близько 40% білка зі сприятливим амінокислотним складом, 18–24% жиру та лише 5–8% сирі клітковини [1, 2, 3]. У зв'язку з інтенсифікацією технологій вирощування сільськогосподарських у тому числі сої, виникає ризик ерозії ґрунту. Для зменшення або уникнення ґрунтової ерозії широко впроваджуються ґрунтозахисні системи обробітку вплив, яких на продуктивність агроєкосистеми досліджено недостатньо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Системи (способи, методи) обробітку ґрунту за схильністю до спричинення ерозійних процесів можна класифікувати у спадаючому порядку таким чином: традиційний обробіток, мінімізований обробіток і нульовий обробіток [4]. За даними Małecka et al. [5], системи обробітку ґрунту, які застосовують у Європі, поділяються на дві основні групи: традиційний обробіток та консерваційний обробіток, що включає мілке розпушування або прямиї висів.

Агротехнічні прийоми, що передбачають заміну плуга знаряддями, які не перевертають ґрунтовий шар, становлять перспективну альтернативу для сільськогосподарських товаровиробників. Вченими доведено, що система нульового обробітку демонструє найвищу ефективність у посушливих кліматичних умовах, де врожайність культур часто є рівною або навіть вищою, ніж за традиційного обробітку, а застосування нульового обробітку дозволяє скоротити енергетичні та трудові витрати приблизно на 35% [6, 7].

Разом із тим, за даними низки досліджень, зниження врожайності за нульового обробітку може бути зумовлене метеорологічними умовами [8] та підвищенням об'ємної маси ґрунту, особливо у перші роки впровадження цієї

системи. Традиційна система обробітку позитивно впливає на комплекс фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунту [9].

Мінімізований обробіток ґрунту дає змогу скоротити виробничі витрати за збереження рівня врожайності, а в окремих випадках – навіть за його підвищення порівняно з традиційною технологією. Gozubuyuk, Sahin and Celik [10] встановили, що за умов мінімізованого обробітку витрати пального були у 3,5 рази нижчими, ніж за традиційної системи. Водночас мінімізований обробіток може супроводжуватися підвищенням викидів CO₂ у разі інтенсивної мінералізації рослинних решток на поверхні ґрунту [11].

Система Strip-till відповідає принципам ґрунтозахисного землеробства, за якої приблизно 50–75% поверхні ґрунту вкрито рослинними рештками [12]. За використання технології одноразового проходу агрегату Strip-till під час розпушування смуг одночасно здійснюється висів насіння та локальне внесення добрив. Крім того, інші агротехнічні операції, зокрема захист рослин і сівба покривних культур, можуть виконуватися одночасно. Такий підхід є економічно ефективнішим і сприяє зменшенню екологічного навантаження на агроєкосистеми [13].

Мета статті полягала у репрезентації результатів досліджень виробничої ефективності двох сортів сої залежно від системи обробітку ґрунту: традиційної, мінімізованої (поверхневої, mini-till) та смугової (strip-till). У роботі оцінювали вплив системи обробітку на індивідуальну продуктивність рослин сої та її врожайність.

Методика дослідження. Польовий експеримент було проведено у 2024–2025 роках на базі навчально-виробничого відділу Уманського національного університету (Умань, Україна). Дослідна ділянка розташована в зоні помірно-континентального клімату, основні показники якого наведені на рисунку 1.

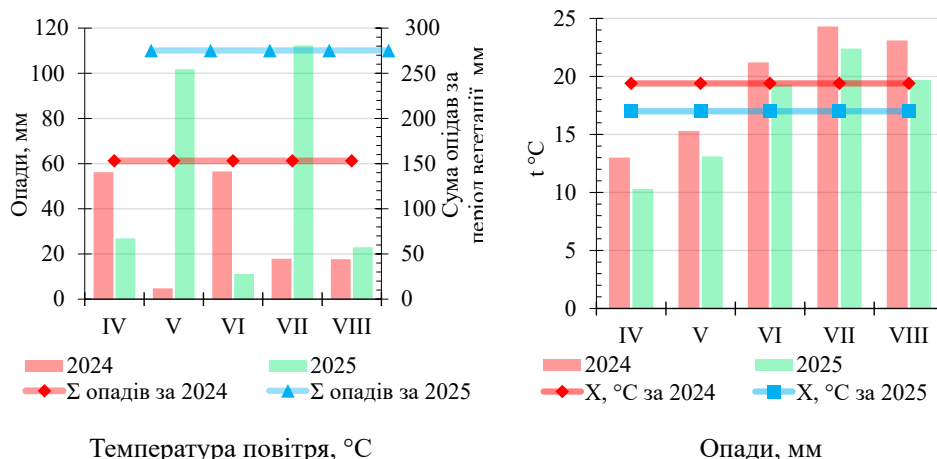


Рис. 1. Кліматичні умови періоду вегетації рослин сої (за даними метеостанції «Умань»)

Польовий експеримент було закладено за схемою split-plot на чорноземі опідзоленому важкосуглинкового гранулометричного складу в чотирикратній повторності.

Першим фактором досліджу була система обробітку ґрунту:

A – традиційна система обробітку,
B – мінімізований обробіток (поверхневий, mini-till)

C – стрічковий обробіток (strip-till).

Другим фактором були середньостиглі сорти сої ЕС Ментор та Паллада.

Попередником впродовж 2024–2025 рр. було тритікале озиме. Строки сівби – 28 квітня – 5 травня. Густота посіву становила 450 тис. схожих насінин. Технологія вирощування була типовою і загальноприйнятою для Лісостепу. Площа облікової ділянки для сівби становила 20 м², для збирання врожаю – 15 м².

Сівбу за традиційної та мінімізованої систем обробітку (A і B) проводили сівалкою Kockerling Ultima (Deutz Fahr), тоді як за системи Strip-till (C) висів здійснювали безпосередньо в стерню за допомогою сівалки MZURI (VALTRA).

Збирання врожаю проводили у фазі повної стиглості за допомогою комбайна Wintersteiger. Урожайність сої визначали за ДСТУ 4138–2002 [14].

Статистичну обробку отриманих результатів проводили з розрахунком середнього арифметичного (x) стандартного відхилення (SD), розрахованого за допомогою Microsoft Excel 2019 StatPlus.

Основні результати дослідження. В агро-екологічному контексті маса насіння з однієї рослини є чутливим індикатором змін ґрунтових умов, зумовлених різними системами обробітку ґрунту, оскільки безпосередньо відображає стан кореневої системи, водно-повітряний режим

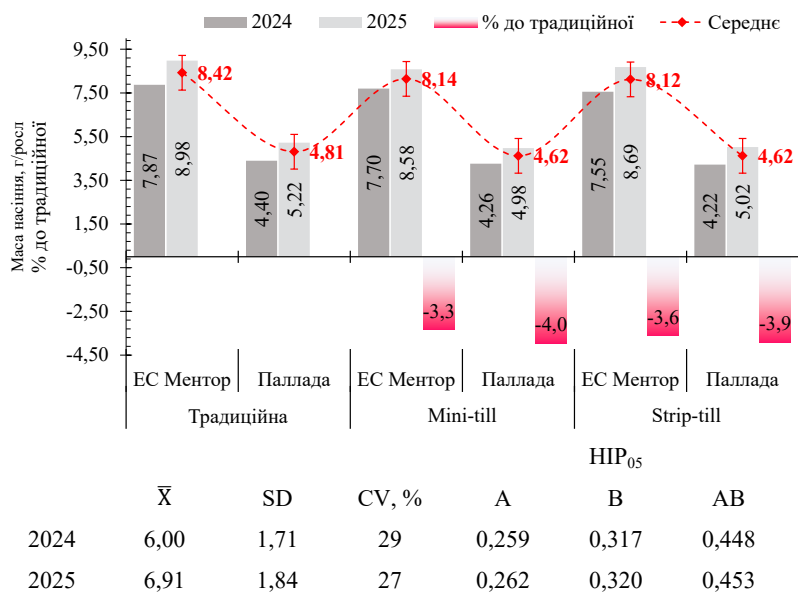


Рис. 2. Динаміка формування маси зерна з однієї рослини сортів сої за різної інтенсивності обробітку ґрунту, 2024–2025

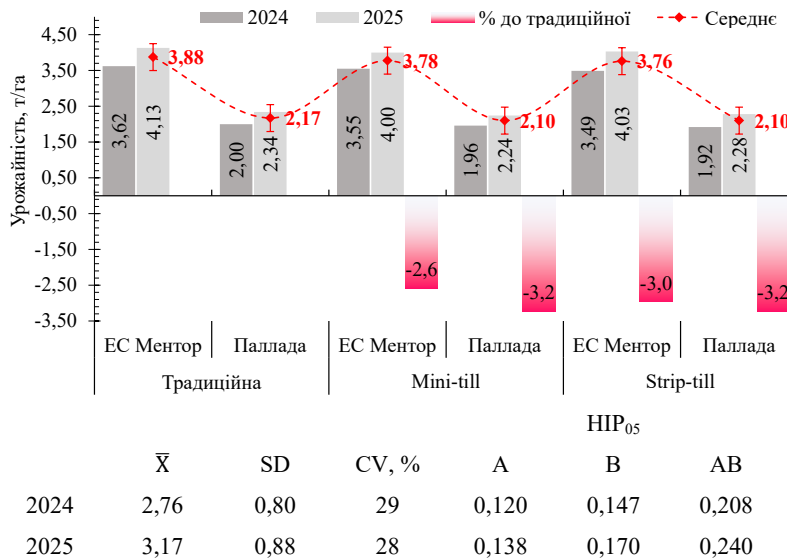


Рис. 3. Динаміка формування врожайності сортів сої за різної інтенсивності обробітку ґрунту, 2024–2025

і доступність елементів живлення. Зміна інтенсивності механічного впливу на ґрунт може істотно впливати на індивідуальну продуктивність рослин навіть за відносно стабільної густоти посіву.

Маса насіння з однієї рослини сої істотно варіювала залежно від системи основного обробітку ґрунту, що свідчить про чутливість індивідуальної продуктивності рослин до умов формування агрофізичних параметрів орного шару. За традиційної системи обробітку відзначено найвищі середні значення маси насіння з рослини, які для сорту EC Ментор становили 8,42 г, а для сорту Паллада – 4,81 г, що підтверджує оптимальні умови для розвитку кореневої системи та реалізації генеративного потенціалу культури.

Перехід до ресурсозберігаючих систем Mini-till та Strip-till супроводжувався статистично помірним, проте стабільним зниженням маси насіння з рослини. Так, за Mini-till зменшення цього показника становило 3,3% для сорту EC Ментор і 4,0% для сорту Паллада відносно традиційного обробітку, тоді як за Strip-till відповідне зниження досягало 3,6 і 3,9%. Отримані результати свідчать, що мінімізація механічного втручання у ґрунт обмежує індивідуальну продуктивність рослин, імовірно, через підвищену щільність ґрунту та деяке погіршення аерації кореневої зони (рис. 2).

Значення стандартного відхилення (SD = 1,78г) та коефіцієнту варіації (CV = 28%) свідчать про середній рівень мінливості маси насіння з однієї рослини, що є типовим для індивідуальних показників продуктивності зернобобових культур. Відносно високі значення CV пояснюються впливом погодних умов років дослідження та біологічною неоднорідністю рослин у посівах

Упродовж 2024–2025 років проведено порівняльну оцінку впливу традиційної, Mini-till та Strip-till систем обробітку ґрунту на продуктивність сортів сої EC Ментор і Паллада, що дало

зможу комплексно проаналізувати як агротехнічні, так і генетично зумовлені чинники формування врожайності.

Середні показники врожайності свідчать, що традиційна система обробітку ґрунту забезпечила максимальний рівень продуктивності – у середньому 3,88 т/га для сорту EC Ментор та 2,17 т/га для сорту Паллада. Застосування Mini-till призвело до незначного, проте статистично помітного зниження врожайності – відповідно на 2,6% і 3,2%, тоді як Strip-till зумовив аналогічну тенденцію – зменшення продуктивності на 3,0–3,2% порівняно з традиційною системою (рис. 3).

Результати досліджень переконливо свідчать, що система обробітку ґрунту істотно впливає на реалізацію продуктивного потенціалу сої, проте мінімізовані технології mini-till і strip-till забезпечують рівень урожайності, максимально наближений до традиційної системи, з відхиленням у межах 2,6–3,2%, що дозволяє розглядати їх як агроекологічно доцільну альтернативу в умовах ресурсозбереження та сталого землеробства.

Водночас встановлено, що сортовий фактор є домінуючим у формуванні врожайності, оскільки сорт EC Ментор стабільно перевищував сорт Паллада на 1,6–1,7 т/га незалежно від системи обробітку. Це підтверджує ключову роль генетичної адаптивності, екологічної пластичності та ефективності використання агресурсів у забезпеченні високої та стабільної продуктивності.

Висновки. У результаті досліджень встановлено, що маса насіння з однієї рослини та врожайність сої є інтегральними показниками, формування яких зумовлюється взаємодією генетично детермінованих особливостей сорту та агротехнологічних чинників, зокрема системи основного обробітку ґрунту.

Традиційна система обробітку ґрунту забезпечувала найвищі значення маси насіння з рослини та врожайності сої, що свідчить про

оптимальні умови формування кореневої системи, сприятливий водно-повітряний режим і високу доступність елементів живлення. Мінімізовані системи Mini-till і Strip-till сприяли помірно, але статистично стабільному зниженню індивідуальної продуктивності рослин (у межах 3–4%) та врожайності (2,6–3,2%), що, однак, не виходило за межі середньої мінливості ознак і підтверджує їх агроекологічну доцільність.

Сортовий фактор виявився домінантним у формуванні як маси насіння з однієї рослини, так і загальної врожайності. Сорт ЕС Ментор стабільно перевищував сорт Паллада майже вдвічі за індивідуальною продуктивністю та на 1,6–1,7 т/га за врожайністю незалежно від системи обробки ґрунту, що свідчить про його вищу генетично зумовлену продуктивність, екологічну пластичність і здатність ефективно використовувати ресурси ґрунтового середовища.

Подібна реакція сортів на зміну системи обробки ґрунту вказує на відсутність істотної взаємодії «сорт × обробка ґрунту», що дозволяє розглядати виявлені закономірності як універсальні для досліджуваних генотипів у ґрунтово-кліматичних умовах Правобережного Лісостепу України.

Загалом результати підтверджують, що оптимізація технології вирощування сої має ґрунтуватися на поєднанні високопродуктивних і адаптивних сортів із екологічно орієнтованими системами обробки ґрунту, що забезпечує стабільність урожаю, ефективне використання ресурсів і зниження антропогенного навантаження на агро-екосистеми.

Література

1. James A. T., Yang A. Interactions of protein content and globulin subunit composition of soybean proteins in relation to tofu gel properties, *Food Chemistry*, 2016, 194, 284–289. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.021>

2. Luboiński A., Markowicz M. Wpływ systemu nawożenia azotem na plonowanie trzech odmian soi (*Glycine max* (L.) Merr.), *Fragmenta Agronomica*, 2017, 34, 66–75. [https://pta.up.poznan.pl/pdf/2017/FA%2034\(3\)%202017%20Luboiniski.pdf](https://pta.up.poznan.pl/pdf/2017/FA%2034(3)%202017%20Luboiniski.pdf)

3. Kotecki A., Lewandowska S. Studia nad uprawą soi zwyczajnej (*Glycine max* (L.) Merrill) w południowo-zachodniej Polsce, *Monografie*, 2020, 228, Wrocław, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

4. Knapen A., Poesen J., Govers G., Gyssels G., Nachtergaele J. Resistance of soils to concentrated flow erosion: A review, *Earth-Science Reviews*, 2007, 80, 75–109. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2006.08.001>

5. Małecka I., Blecharczyk A., Sawinska Z., Dobrzeński T. The effect of various long-term tillage systems on soil properties and spring barley yield, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2012, 36, 217–226. <https://doi.org/10.3906/tar-1104-20>

6. Pittelkow C. M., Linquist B. A., Lundy M. E., Liang X., Groenigen K. J., Lee J. Geste, N., Six J., Venterea R., T., van Kessel C. When does no-till yield more? A global meta-analysis, *Field Crops Research*,

2015, 183, 156–168. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000103567>

7. Dzienia S., Zimny L., Weber R. Najnowsze kierunki w uprawie roli i technice siewu, *Fragmenta Agronomica*, 2006, 23(2), 227–241.

8. Santín-Montanyá M. I., Zambrana E., Fernández-Getino A.P., Tenorio J.L. Dry pea (*Pisum sativum* L.) yielding and weed infestation response under different tillage conditions, *Crop Protection*, 2014, 65, 122–128. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.07.017>

9. Page K. L., Dang Y.P., Dalal R.C. The ability of conservation agriculture to conserve soil organic carbon and the subsequent impact on soil physical, chemical, and biological properties and yield, *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2020, 4, 31. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00031>

10. Gozubuyuk Z., Sahin U., Celik A. Operational and yield performances and fuel-related CO₂ emissions under different tillage-sowing practices in a rainfed crop rotation, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2020, 17, 4563–4576. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02804-y>

11. Giacomo G., Finco A., Boschetti F., Brenna S., Marzuoli R. Measurements of soil carbon dioxide emissions from two maize agroecosystems at harvest under different tillage conditions, *The Scientific World Journal*, 2014, 2014, 141–345. <https://doi.org/10.1155/2014/141345>

12. Townsend T. J., Ramsden S. J., Wilson P. How do we cultivate in England? Tillage practices in crop production systems, *Soil Use and Management*, 2016, 32(1), 106–117. <https://doi.org/10.1111/sum.12241>

13. Morrison J. E. Jr., Sanabria J. One-pass and two-pass spring strip tillage for conservation row-cropping in adhesive clay soils, *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 2002, 45, 1263–1270. <https://doi.org/10.13031/2013.11054>

14. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості : ДСТУ 4138–2002. Київ : Держстандарт України, 2003. 173 с.

References

1. James, A.T., Yang, A. (2016). Interactions of protein content and globulin subunit composition of soybean proteins in relation to tofu gel properties. *Food of Chemistry*, 194, pp. 284–289. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.021>.

2. Luboiński, A., Markowicz, M. (2017). Wpływ systemu nawożenia azotem na plonowanie trzech odmian soi (*Glycine max* (L.) Merr.) [Effect of nitrogen fertilization system on yielding of three non-GMO soybean varieties]. *Fragmenta Agronomica*, 34, pp. 66–75. Available at: [https://pta.up.poznan.pl/pdf/2017/FA%2034\(3\)%202017%20Luboiniski.pdf](https://pta.up.poznan.pl/pdf/2017/FA%2034(3)%202017%20Luboiniski.pdf). [in Polish]

3. Kotecki, A., Lewandowska, S. (2020). Studia nad uprawą soi zwyczajnej (*Glycine max* (L.) Merrill) w południowo-zachodniej Polsce [Studies on the cultivation of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) in southwestern Poland]. *Monografie*, 228. Wrocław, Poland: Wyd. UP Wrocław. [in Polish]

4. Knapen, A., Poesen, J., Govers, G., Gyssels, G., & Nachtergaele, J. (2007). Resistance of soils to

concentrated flow erosion: A review. *Earth-Science Reviews*, 80, pp. 75–109. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2006.08.001>

5. Małecka, I., Blecharczyk, A., Sawinska, Z., & Dobrzeński, T. (2012). The effect of various long-term tillage systems on soil properties and spring barley yield. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36, pp. 217–226. <https://doi.org/10.3906/tar-1104-20>

6. Pittelkow, C.M., Linquist, B. A., Lundy, M. E., Liang, X., Groenigen, K. J., Lee, J., Gestel, N., Six, J., Venterea, R., T., & van Kessel, C. (2015). When does no-till yield more? A global meta-analysis. *Field Crops Research*, 183, pp. 156–168. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000103567>.

7. Dzienia, S., Zimny, L. & Weber, R. (2006) Najnowsze kierunki w uprawie roli i technice siewu [The latest trends in tillage and sowing technology] *Fragmenta Agronomica*, 23(2), pp. 227–241. [in Polish]

8. Santín-Montanyá, M.I., Zambrana, E., Fernández-Getino, A.P., & Tenorio, J.L. (2014) Dry pea (*Pisum sativum* L.) yielding and weed infestation response, under different tillage conditions. *Crop Protection*, 65, pp. 122–128. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.07.017>

9. Page, K.L., Dang, Y.P., & Dalal, R.C. (2020) The ability of conservation agriculture to conserve soil organic carbon and the subsequent impact on soil physical, chemical, and biological properties and yield. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 31. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00031>

10. Gozubuyuk, Z., Sahin, U. & Celik A. (2020). Operational and yield performances and fuel-related CO₂ emissions under different tillage-sowing practices in a rainfed crop rotation. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17, pp. 4563–4576. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02804-y>

11. Giacomo, G., Finco, A., Boschetti, F., Brenna, S., & Marzuoli, R. (2014) Measurements of soil carbon dioxide emissions from two maize agroecosystems at harvest under different tillage conditions. *The Scientific World Journal*, 2014, 41345. <https://doi.org/10.1155/2014/141345>

12. Townsend, T.J., Ramsden, S.J. & Wilson, P. (2016). How do we cultivate in England? Tillage practices in crop production systems. *Soil Use and Management*, 32(1), pp. 106–117. <https://doi.org/10.1111/sum.12241>

13. Morrison, J.E. Jr. & Sanabria, J. (2002). One-pass and two-pass spring strip tillage for conservation row-cropping in adhesive clay soils. *Transaction of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 45, pp. 1263–1270. <https://doi.org/10.13031/2013.11054>

14. Derzhstandart Ukrainy. (2003). Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti (DSTU 4138–2002) [Seeds of Agricultural Crops. Methods for Determining Quality (DSTU 4138–2002)]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 18.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 27.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 26.05.2026

НОТАТКИ

ВІСНИК

Уманського національного університету

№ 1

Коректура • Ірина Миколаївна Чудеснова

Комп'ютерна верстка • Алла Олександрівна Марєєва

Дата розміщення онлайн – 26.05.2026 р.

Дата друку – 29.05.2026 р.

Формат 60×84/8. Гарнітура Verdana. Папір офсет. Цифровий друк.

Ум. друк. арк. 9,3. Замов. № 0526/413. Наклад 300 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»

вул. Інглєзі, 6/1, м. Одеса, 65101

Тел. +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08

E-mail: mailbox@helvetica.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 7623 від 22.06.2022 р.