Уманський національний університет

ВІСНИК
Уманського національного університету

№ 2

Видавничий дім
«Гельветика»
2026

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

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

Заступник головного редактора – Чаплоуцький 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

Василєва 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
20.11.2026, протокол № 5

Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа:
Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення No 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

Журнал включений до Переліку наукових фахових видань України відповідно до Наказу МОН України № 928
від 11 червня 2026 року (додаток 11) строком на три роки з 01 червня 2026 року по 31 травня 2029 року
з присвоєнням категорії «Б».

Кластер: Сільськогосподарські і ветеринарні науки

Спеціальності: Н1 Агрономія, Н3 Садово-паркове господарство, Н4 Лісове господарство, Н7 Агроінженерія.

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.

ISSN 3083-7448 (Print)
ISSN 3083-7464 (Online)

© Уманський національний університет, 2026

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

ЗМІСТ

Р. М. Буцик, О. О. Власюк
ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРТІВ СУНИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД ОРГАНІЧНОГО УДОБРЕННЯ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....7

І. В. Гайдай
РИЗОБІАЛЬНИЙ АПАРАТ СОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ.....13

О. П. Герасимчук, К. В. Костецька
ВПЛИВ УМОВ ЗБЕРІГАННЯ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ.....18

І. А. Діденко, О. А. Марченко, Б. О. Курчій, А. Ю. Амбер, Т. С. Одерова
ЕКОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ПРИРОДНИХ ЛАНДШАФТІВ У СУЧАСНІЙ САДОВО-ПАРКОВІЙ АРХІТЕКТУРІ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ КОНЦЕПЦІЙ ТА ІНТЕГРОВАНА МОДЕЛЬ ЗАСТОСУВАННЯ.....24

І. П. Діордієва, Л. В. Прокопчук
АНАЛІЗ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА МІЖВИДОВОЇ ГІБРИДИЗАЦІЇ.....30

С. С. Древова, Ю. О. Гуляк
АГРОБІОЛОГІЧНА ТА ТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТЕХНІЧНИХ СОРТІВ ВИНОГРАДУ В УМОВАХ ПІВНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....36

М. Ю. Залєвський
ФЕНОЛОГІЯ РОЗВИТКУ ХЛІБНИХ КЛОПІВ (HEMIPTERA) В АГРОЦЕНОЗІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....45

В. В. Заморський, М. В. Кирієнко
ВПЛИВ ФОЛІАРНОГО ЖИВЛЕННЯ НА РІСТ, ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЯГІД НОВИХ СОРТІВ ВИНОГРАДУ В ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....51

І. В. Заморський
ДИНАМІКА РОСТУ ПАГОНІВ ЯБЛУНІ ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ ОБРІЗУВАННЯ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНОГО САДУ.....57

Ю. Е. Ковач
ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ САДІВНИЦТВА В ЗАКАРПАТТІ.....64

В. Ю. Лабунець, Р. В. Яковенко
ПОКАЗНИКИ ЛИСТЯ ТА ВРОЖАЙНІСТЬ ДЕРЕВ ЯБЛУНІ ЗАЛЕЖНО ВІД ОПТИМІЗОВАНОГО АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ 71

М. А. Лавренюк, І. В. Крикунов
ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЗИМУЮЧОЇ ПОПУЛЯЦІЇ ТА ПЕРЕЗИМІВЛІ *RHAGOLETIS CERASI* L. В АГРОЦЕНОЗІ ЧЕРЕШНІ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....76

П. В. Лиховид, Д. О. Максимов, Г. В. Каращук
МОДЕЛЮВАННЯ ФЕНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ ГОРОХУ ПОСІВНОГО ЯРОГО ЗА ЧАСОВОЮ ДИНАМІКОЮ ВЕГЕТАЦІЙНИХ ІНДЕКСІВ SENTINEL-2.....86

А. Т. Мартинюк, Г. М. Господаренко, О. Д. Черно, О. Ю. Стасінєвич
ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНСТІ Й ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЯКОСТЕЙ КОРЕНЕПЛОДІВ БУРЯКУ ЦУКРОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ УДОБРЕННЯ І ДОЗ ДОБРИВ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ.....95

Ж. М. Новак, Я. С. Рябовол, В. П. Кулик, Ю. В. Новак
ПОЛІМОРФІЗМ ОЗНАК КОЛЕКЦІЙНИХ ЗРАЗКІВ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ 102

В. В. Остапчук, С. В. Рогальський, Л. М. Кононенко, О. В. Усатюк, С. В. Усик, А. С. Лозінська, В. В. Борисенко
ОЦІНКА ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ АЗОТНОГО СТАНУ РОСЛИН І ПРОГНОЗОВАНОЇ ТА ФАКТИЧНОЇ ВРОЖАЙНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ СОРТУ АРТІСТ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....111

В. В. Поліщук, Є. О. Компанієць
ЯКІСТЬ НАСІННЯ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ ЗАЛЕЖНО ВІД СТИМУЛЮВАННЯ ПРОХОДЖЕННЯ ПОЧАТКОВИХ ФАЗ ПРОРОСТАННЯ.....121

О. В. Полуніна, В. В. Гришаков
АСИМІЛЯЦІЙНА ПОВЕРХНЯ ДЕРЕВ ЯБЛУНІ ЗАЛЕЖНО ВІД ФОРМИ КРОНИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГЕКСАДІОНУ КАЛЬЦІЮ.....128

Н. В. Пулик
ВПЛИВ ПРЕПАРАТІВ БУЛЬБОЧКОВИХ БАКТЕРІЙ НА НАКОПИЧЕННЯ ПІГМЕНТІВ У ЛИСТКАХ СОЇ.....134

Л. О. Рябовол, Є. П. Горяний
ВПЛИВ ГЕНОТИПУ НА МОРФОГЕНЕЗ В КУЛЬТУРІ НЕЗРІЛИХ ЗАРОДКІВ ЕРЕКТОЇДНИХ ФОРМ КУКУРУДЗИ.....140

В. В. Широкоступ
ЧИСТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕЗУ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ ЗА ДІЇ ГЕРБІЦИДУ І БІОДОБРИВА.....146

В. П. Шлапак, І. В. Козаченко, С. А. Адаменко, М. І. Парубок
ДОСВІД НАСІНЄВОГО ВИРОЩУВАННЯ ВИДІВ РОДУ ТОПОЛЯ (*POPULUS* L.) У ЦЕНТРАЛЬНІЙ ПРИДНІПРОВСЬКІЙ ВИСОЧИННІЙ ОБЛАСТІ.....152

С. В. Щетина, В. В. Кецкало
ВПЛИВ ГІБРИДУ І ВІКУ РОЗСАДИ НА РІСТ, РОЗВИТОК ТА ВРОЖАЙНІСТЬ ПОМІДОРА.....161

В. В. Яценко, В. С. Горбенко, Л. В. Худолій, А. О. Яценко, А. О. Січкар, Н. М. Климович
ВПЛИВ СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ЗАБУР'ЯНЕНІСТЬ ПОСІВІВ СОЇ В ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....168

Н. В. Яценко, І. С. Луценко
ВМІСТ АСКОРБІНОВОЇ КИСЛОТИ ТА ЦУКРІВ КВАСОЛІ ОВОЧЕВОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ, СТРОКІВ ЗБИРАННЯ ТА ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ.....175

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

CONTENTS

R. M. Butsyk, O. O. Vlasyuk
PRODUCTIVITY OF STRAWBERRY VARIETIES DEPENDING ON ORGANIC FERTILIZATION IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE 7

I. V. Haidai
RHIZOBIAL APPARATUS OF SOYBEAN UNDER THE APPLICATION OF BIOLOGICAL PREPARATIONS 13

O. P. Herasymchuk, K. V. Kostetska
INFLUENCE OF STORAGE CONDITIONS ON THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES AND QUALITY INDICATORS OF CORN GRAIN 18

I. A. Didenko, O. A. Marchenko, B. O. Kurchii, A. Yu. Amber, T. S. Oderova
ECOLOGICAL APPROACHES TO CREATING NATURAL LANDSCAPES IN CONTEMPORARY LANDSCAPE ARCHITECTURE: COMPARATIVE ANALYSIS OF CONCEPTS AND AN INTEGRATED APPLICATION MODEL 24

I. P. Diordieva, L. V. Prokopchuk
ANALISYS OF INITIAL MATERIAL OF WINTER BREAD WHEAT THROUGH INTERSPECIFIC HYBRIDIZATION 30

S. S. Drevova, Yu. O. Huliak
AGROBIOLOGY AND TECHNOLOGY EVALUATION OF TECHNICAL GRAPE VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE NORTHERN FOREST-STEP OF UKRAINE 36

M. Yu. Zalievskyi
PHENOLOGY OF SUNN PEST DEVELOPMENT IN WINTER WHEAT AGROCENOSES UNDER THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE 45

V. V. Zamorsky, M. V. Kirienko
THE EFFECT OF FOLIAR FEEDING ON THE GROWTH, YIELD, AND QUALITY OF BERRIES IN GRAPE VARIETIES IN THE FOREST-STEPPE REGION OF UKRAINE 51

I. V. Zamorsky
GROWTH DYNAMICS OF APPLE TREE SHOOTS AS A FUNCTION OF PRUNING TIMES IN AN INTENSIVE ORCHARD 57

Yu. E. Kovach
TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF HORTICULTURE IN ZAKARPATTIA 64

V. Yu. Labunets, R. V. Yakovenko
LEAF PARAMETERS AND YIELD OF APPLE TREES AS AFFECTED BY OPTIMIZED NITROGEN NUTRITION 71

M. A. Lavreniuk, I. V. Krykunov
PECULIARITIES OF OVERWINTERING POPULATION FORMATION AND OVERWINTERING OF RHAGOLETIS CERASI L. IN SWEET CHERRY AGROCENOSES OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE 76

P. V. Lykhovyd, D. O. Maksymov, G. V. Karashchuk
MODELING PHENOLOGICAL DEVELOPMENT OF SPRING PEAS USING TIME SERIES OF THE SENTINEL-2 VEGETATION INDICES 86

A. T. Martyniuk, H. M. Hospodarenko, O. D. Cherno, O. Yu. Stasinievych
FORMATION OF YIELD AND TECHNOLOGICAL QUALITY OF SUGAR BEET ROOTS DEPENDING ON FERTILIZATION SYSTEMS AND FERTILIZER RATES IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE 95

Zh. M. Novak, Ya. S. Riabovol, V. P. Kulyk, Yu. V. Novak
POLYMORPHISM OF TRAITS OF COMMON BEAN COLLECTION ACCESSIONS 102

V. V. Ostapchuk, S. V. Rohalskyi, L. M. Kononenko, O. V. Usatiuk, S. V. Usyk, A. S. Lozinska, V. V. Borysenko
ASSESSMENT OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE NITROGEN STATUS OF PLANTS AND THE PREDICTED AND ACTUAL YIELD OF WINTER WHEAT OF THE ARTIST VARIETY UNDER THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF UKRAINE.....111

V. V. Polishchuk, E. O. Kompaniets
QUALITY OF SUGAR BEET SEEDS DEPENDING ON STIMULATION OF THE INITIAL STAGES OF GERMINATION.....121

O. V. Polunina, V. V. Hryshakov
ASSIMILATORY LEAF SURFACE OF APPLE TREES DEPENDING ON CROWN FORM AND PROHEXADIONE-CALCIUM APPLICATION.....128

N. V. Pulyk
THE EFFECT OF NODULE-FORMING BACTERIA PREPARATIONS ON PIGMENT ACCUMULATION IN SOYBEAN LEAVES.....134

L. O. Riabovol, Ye. P. Horianyi
INFLUENCE OF GENOTYPE ON MORPHOGENESIS IN THE CULTURE OF IMMATURE EMBRYOS OF ERECTOID MAIZE.....140

V. V. Shyrokostup
NET PHOTOSYNTHESIS PRODUCTIVITY OF MAIZE CROPS UNDER THE INFLUENCE OF HERBICIDE AND BIOFERTILIZER.....146

V. P. Shlapak, I. V. Kozachenko, S. A. Adamenko, M. I. Parubok
EXPERIENCE IN SEEDLING PRODUCTION OF POPULUS L. SPECIES IN THE CENTRAL DNIEPER UPLAND REGION.....152

S. V. Shchetyna, V. V. Keckalo
INFLUENCE OF HYBRID AND SEEDLING AGE ON TOMATO GROWTH, DEVELOPMENT AND YIELD...161

V. V. Yatsenko, V. S. Horbenko, L. V. Khudolii, A. O. Yatsenko, A. O. Sichkar, N. M. Klymovych
INFLUENCE OF SOIL TILLAGE SYSTEMS ON THE YIELD AND WEEDS INFESTATION IN THE SOYBEAN CROP IN THE FOREST-STEPPE OF UKRAINE.....168

N. V. Yatsenko, I. S. Lutsenko
ASCORBIC ACID AND SUGAR ACCUMULATION IN VEGETABLE BEAN AS AFFECTED BY CULTIVAR CHARACTERISTICS, HARVESTING TIME, AND THERMAL PROCESSING.....175

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 634.75:631.8(477.46)
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-7-12



Р. М. Буцик
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри плодівництва,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: romanbutsyk@ukr.net
orcid.org/0000-0002-5384-2194

О. О. Власюк
аспірант кафедри плодівництва і виноградарства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: vlasiuk.1993@gmail.com
orcid.org/0009-0004-7734-6998



ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРТІВ СУНИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД ОРГАНІЧНОГО УДОБРЕННЯ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

У статті наводяться дані з вивчення продуктивності суниці за її удобрення добривами біологічної природи. Сучасні прийоми вирощування культури тяжіють до удосконалення і адаптації агрозаходів в умовах змін клімату та поліпшення якості отриманої продукції ягід за рахунок їх екологічності, що передбачає наповнення інтенсивних технологій прийомами біологічного напрямку. Теоретичне вивчення заданого напрямку досліджень засвідчило низку нерозкритих питань, пов'язаних із продуктивністю суниці за переходу на переважно її органічне живлення для збереження родючості ґрунту та поліпшення екологічності продукції ягід. Серед таких агрозаходів слід виділити внесення у ґрунт добрив біологічної природи, основу яких становить органічна маса із комплексом гумінових кислот. Враховуючи добру природню родючість чорноземних ґрунтів, виникають питання встановлення ефективності зазначених добрив у насадженні суниці та вплив на її продуктивність. В умовах досліду суницю удобрювали органічними добривами на фоні розрахункового удобрення за традиційними рекомендаціями перед закладанням насадження та роздрібно по фазах розвитку культури через систему краплинного зрошення. За передсадивного удобрення застосовували біогумус у нормі 15 т/га, а при фертигації Гуміфренд нормою 35 л/га. Для вивчення ефективності добрив біологічної природи до схеми досліду було включено три сорти суниці різних строків достигання ягід – Румба, Мальвіна і Дукат. Для перевірки впливу органічних добрив на ріст і розвиток суниці до варіантів досліду включено ділянку з фоновим розрахунковим удобренням, як виробничий контроль. Встановлено, що вирощування суниці із живленням на основі органічного удобрення сприяє збереженню і поповненню запасів гумусу у чорноземі опідзоленому на 0,10–0,22%. Серед варіантів із дослідними сортами суниці відмічена неістотна обернена тенденція до зменшення показника вмісту гумусу у ґрунті залежно від збільшення рівня ростової і генеративної продуктивності сортів. Удобрення суниці добривами біологічної природи посилює ростову продуктивність дослідних сортів. Формування її асиміляційної поверхні відбувається на 22–33% інтенсивніше на фоні розрахункового удобрення з додатковим внесенням біогумусу і Гуміфренду. За такого удобрення формується більша на 48% кількість стеблових утворень і на 10–15% зростає загальна біомаса кущів. Під впливом органічного удобрення зростає генеративна продуктивність суниці. При цьому, число квітконосів збільшується на 43–46%, а кількість квіток на них – на 17–21%. За рахунок застосування біогумусу і Гуміфренду, на фоні розрахункового удобрення, урожайність сортів суниці зростає на 3,7–5,0 т/га, або 25–37%.

Ключові слова: *суниця, удобрення, біогумус, Гуміфренд, продуктивність.*

R. M. Butsyk
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Fruit Growing and Viticulture,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: romanbutsyk@ukr.net
orcid.org/0000-0002-5384-2194
O. O. Vlasyuk
PhD student at the Department of Fruit Growing and Viticulture,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: vlasiuk.1993@gmail.com
orcid.org/0009-0004-7734-6998

PRODUCTIVITY OF STRAWBERRY VARIETIES DEPENDING ON ORGANIC FERTILIZATION IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

Data on study of strawberry productivity under its fertilizing with biological fertilizers are presented in the article. Modern methods of growing this crop tend to improve and adapt agricultural practices in the conditions of climate change and enhance the quality of the resulting berry products owing to their environmental friendliness, which involves filling intensive technologies with biological methods. Theoretical study of this research area revealed a number of unsolved issues related to strawberry productivity when transiting to predominantly organic nutrition to preserve soil fertility and improve environmental friendliness of berry products. Among such agricultural practices, one should highlight the application of biological fertilizers into the soil, the basis of which is organic matter with a complex of humic acids. Taking into account good natural fertility of chernozem soils, the issues arise on determining the efficiency of mentioned fertilizers in strawberry plantations and their impact on its productivity. Under experimental conditions, strawberry was fertilized with organic fertilizers on the background of calculated fertilization by traditional recommendations before establishing the plantation and in split doses according to the phases of crop development by means of a drip irrigation system. Biohumus was used as pre-planting fertilizer at a rate of 15 t/ha, and Humifriend was applied at a rate of 35 l/ha during fertigation. Three strawberry varieties with different periods of berries ripening such as Rumba, Malvina and Dukat were included in the experimental scheme to study the efficiency of biological fertilizers. A plot with background calculated fertilization was included in the experimental variants as a production control to test the effect of organic fertilizers on the growth and development of strawberry. It was found that growing strawberries with organic fertilizer-based nutrition contributes to the preservation and replenishment of humus reserves in podzolized chernozem by 0.10–0.22%. Among the variants with experimental strawberry varieties, it was noted an insignificant reverse tendency to reduce the index of humus content in the soil depending on the increase in the level of growth and generative productivity of the varieties. Fertilizing strawberries with biological fertilizers enhances growth productivity of the experimental varieties. The formation of its assimilation surface occurs 22–33% more intensively against the background of calculated fertilizing with additional application of biohumus and Humifriend. With such fertilizer, the number of stem formations is formed greater by 48% and the total biomass of bushes increases by 10–15%. Under the influence of organic fertilizer, generative productivity of strawberry also increases. At the same time, the number of peduncles increases by 43–46%, and the number of flowers on them – by 17–21%. Due to the application of biohumus and Humifriend, against the background of calculated fertilizer, the yield of strawberry varieties enhances by 3.7–5.0 t/ha, or 25–37%.
Key words: *strawberry, fertilization, biohumus, Humifriend, productivity.*

Постановка проблеми. Серед ягідних культур світу і, зокрема України, суниця займає найбільшу частку насаджень та валового виробництва ягід. Передумовами такого поширення є адаптованість культури до умов вирощування, популярність її серед споживачів та висока ефективність ягідного бізнесу як свіжої продукції, так і заморозки чи переробки. Сучасні прийоми вирощування культури тяжіють до удосконалення і адаптації агрозаходів в умовах змін клімату та поліпшення якості отриманої продукції ягід за рахунок їх екологічності, що передбачає наповнення інтенсивних технологій прийомами біологічного напрямку [2, 3]. Для умов України, суттєвого значення набуває збереженість родючості ґрунту в умовах інтенсивної чи повторної культури [6]. Тому, вивчення ефективності вирощування суниці за рахунок повної чи часткової заміни прийомів її удобрення з неорганічних на органічні на чорноземних ґрунтах Правобережного Лісостепу України, є актуальним питанням для отримання екологічно чистої продукції та збереження довкілля.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Теоретичне вивчення заданого напрямку досліджень засвідчило низку нерозкритих питань, пов'язаних із продуктивністю суниці за переходу на переважно її органічне живлення для збереження родючості ґрунту та поліпшення екологічності продукції ягід. Зниження природньої родючості чорноземних ґрунтів Правобережного Лісостепу України в умовах інтенсивного землеробства потребує її збереження та відновлення шляхом розробки низки агрозаходів по догляду за рослинами. Серед таких агрозаходів слід виділити внесення у ґрунт добрив біологічної природи, основу яких становить органічна маса із комплексом гумінових кислот [4]. За рахунок збагачення ґрунтового середовища органічною речовиною, такі добрива поліпшують природню родючість ґрунтів, підтримуючи запаси гумусу та послаблюють ґрунтовтому за повторного вирощування багаторічних насаджень [1, 8, 12]. При цьому, виникає питання встановлення ефективності впливу таких добрив у насадженні суниці.

В умовах сьогодення виробляються нові форми органічних добрив, які мають підвищений вміст гумінових кислот, насичені комплексом мікроелементів і корисної мікрофлори. До таких добрив слід віднести біогумус – вермикультура, продукт життєдіяльності каліфорнійських чи дощових черв'яків [7] і Гуміфренд – комплекс калійних солей гумінових і фульвових кислот, насичений корисною мікрофлорою (штами роду *Bacillus*) із фунгіцидним ефектом, біологічно активними сполуками та мікроелементами.

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Такі добрива можуть вноситись як передпосадково, так і в період вегетації культури для підживлення рослин і діють як біостимулятор [5]. Враховуючи добру природню родючість чорноземних ґрунтів, виникають питання встановлення ефективності зазначених добрив у насадженні суниці та вплив на її продуктивність.

На основі попередніх досліджень встановлено, що на чорноземних ґрунтах Правобережного Лісостепу України високу ефективність має розрахункове удобрення суниці на основі ґрунтової та листової діагностики, яке допомагає скоригувати дози мінеральних добрив і поліпшити якість отриманих ягід [10, 11]. При цьому, природня родючість чорноземів, внаслідок поліпшення фізичних властивостей ґрунту, досить часто спричинює його високу біологічну активність та надмірний процес живлення суниці, що може спричинити погіршення органічної якості ягід [9]. Мало дослідженим при цьому є вивчення тривалості впливу передпосадкового розрахункового удобрення в сумі з біогумусом та заміна мінерального підживлення на внесення добрив біологічної природи в період вегетації суниці на чорноземних ґрунтах. Удосконалення зазначених прийомів удобрення суниці надасть можливість поліпшити якість органічної продукції ягід та зберегти природню родючість чорноземних ґрунтів.

Метою статті є вивчення продуктивності суниці на фоні розрахункового удобрення з додаванням добрив біологічної природи та підтримання родючості чорнозему опідзоленого в умовах сучасного інтенсивного ягідництва.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводили у 2024–2026 роках на дослідних ділянках навчального виробничого відділу Уманського національного університету. В умовах досліду суницю удобрювали органічними добривами на фоні розрахункового удобрення за традиційними рекомендаціями перед закладанням насадження та роздрібно по фазах розвитку культури через систему краплинного зрошення – фертигація. За передсадивного удобрення застосовували біогумус у нормі 15 т/га, а при фертигації Гуміфренд нормою 35 л/га. Для вивчення ефективності добрив біологічної природи до схеми досліду було включено три сорти суниці різних строків достигання ягід – Румба, Мальвіна і Дукат. Для перевірки впливу органічних добрив на ріст і розвиток суниці до варіантів досліду включено ділянку з фоновим розрахунковим удобренням, як виробничий контроль.

Схема садіння суниці (90+30)х25 см. Розміщення варіантів є рандомізованим з трикратною повторністю. Утримання насаджень суниці проводили за основними рекомендаціями технології вирощування. Вивчення продуктивності суниці визначали за показниками площі листової поверхні насадження, кількості стеблових утворень (ріжків), сухої біомаси рослин, кількості квітконосів на кущах і квіток на них та урожайності суниці [13]. Визначення вмісту гумусу у ґрунті проводили за ДСТУ 4289:2004 «Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини» [14].

Основні результати дослідження. Запровадження в технології вирощування суниці варіантів органічного удобрення, спричинило зміну показників вмісту гумусу у ґрунті. Внесення добрив біологічної природи – біогумусу і Гуміфренду сприяло збереженню, або поповненню вмісту гумусу залежно від варіантів досліду та року досліджень (рис. 1). Слід відмітити про тенденцію до зниження вмісту гумусу у ґрунті за трирічний період досліджень у варіанті виробничого контролю, з передсадивним розрахунковим внесенням мінеральних добрив. Показник вмісту гумусу зменшився з 3,40% до 3,34%. Натомість, за додаткового передсадивного внесення біогумусу, запаси гумусу в перший рік досліджень були суттєво вищими на 0,06% і становили 3,46%. При цьому, тенденція до його зменшення простежувалась у наступні роки досліджень, хоча вміст гумусу у ґрунті порівняно з показниками контрольного варіанту, залишався на вищому рівні.

Ефективному збереженню та поповненню запасів гумусу у ґрунті сприяло сукупне застосування передсадивного удобрення біогумусом на фоні розрахункового та Гуміфренду в якості підживлення. При цьому, вміст гумусу у ґрунті змінювався не суттєво, але з тенденцією до його поповнення з 3,50% до 3,52%. За порівняння з контрольним варіантом, комплексне органічне удобрення сприяло збереженню і поповненню запасів гумусу у ґрунті на 0,10–0,22%.

На основі проведених досліджень, слід зауважити про суттєве підвищення ростової продуктивності суниці під впливом її удобрення біологічними добривами (табл. 1). Удосконалення системи удобрення суниці органічними добривами в наших дослідженнях засвідчило зміну її асиміляційної поверхні, наростання стеблової частини та сухої біомаси рослин під впливом дослідних варіантів із внесенням біогумусу і Гуміфренду. Серед досліджуваних варіантів удобрення, найвищі показники площі листової поверхні (24,4–27,4 тис. м^2/га) отримано за удобрення суниці біогумусом комплексно із Гуміфрендом. У порівнянні з виробничим контролем різниця була достовірною і становила для сорту Румба 5,8 тис. м^2/га, сорту Мальвіна – 5,2 тис. м^2/га, а сорту Дукат – 4,8 тис. м^2/га (за $НІР_{05}$=2,1). Це свідчить про перевищення контрольного показника на 22–33%. Варіанти із додатковим застосуванням лише біогумусу вели також до суттєвого зростання площі листової поверхні пересічно по всіх дослідних сортах суниці. При цьому, ефективність агрозаходу була нижчою за попередній варіант із середнім показником 21,3–24,6 тис. м^2/га, що перевищувало показники виробничого контролю на 1,7–2,4 тис. м^2/га, або 9–22%.

Під впливом удобрення суниці добривами біологічної природи інтенсивніше наростала стеблова частина кущів із більшою кількістю ріжків, на яких формуються генеративні бруньки. Серед застосованих дослідних варіантів збільшення кількості ріжків відбувалось як за передсадивного внесення біогумусу на фоні розрахункового удобрення, так і за додаткового внесення

Таблиця 1

Ростова продуктивність суниці залежно від удобрення добривами біологічної природи (в середньому за 2024–2026 роки)

Сорти	Варіанти удобрення	Показники продуктивності		
		Площа листя, тис.м²/га	Кількість ріжків, шт./кущ	Суха біомаса рослин, г/кущ
Румба	За аналізом ґрунту (контроль);	18,6	8,7	12,2
	За аналізом ґрунту + біогумус;	21,3	10,6	13,4
	За аналізом ґрунту + біогумус + Гуміфренд;	24,4	12,4	14,1
Мальвіна	За аналізом ґрунту (контроль);	22,2	10,9	17,6
	За аналізом ґрунту + біогумус;	24,6	13,1	18,5
	За аналізом ґрунту + біогумус + Гуміфренд;	27,4	16,2	19,3
Дукат	За аналізом ґрунту (контроль);	21,3	12,2	16,3
	За аналізом ґрунту + біогумус;	23,4	14,7	17,7
	За аналізом ґрунту + біогумус + Гуміфренд;	26,1	17,2	18,7
НІР05		2,1	1,9	0,5

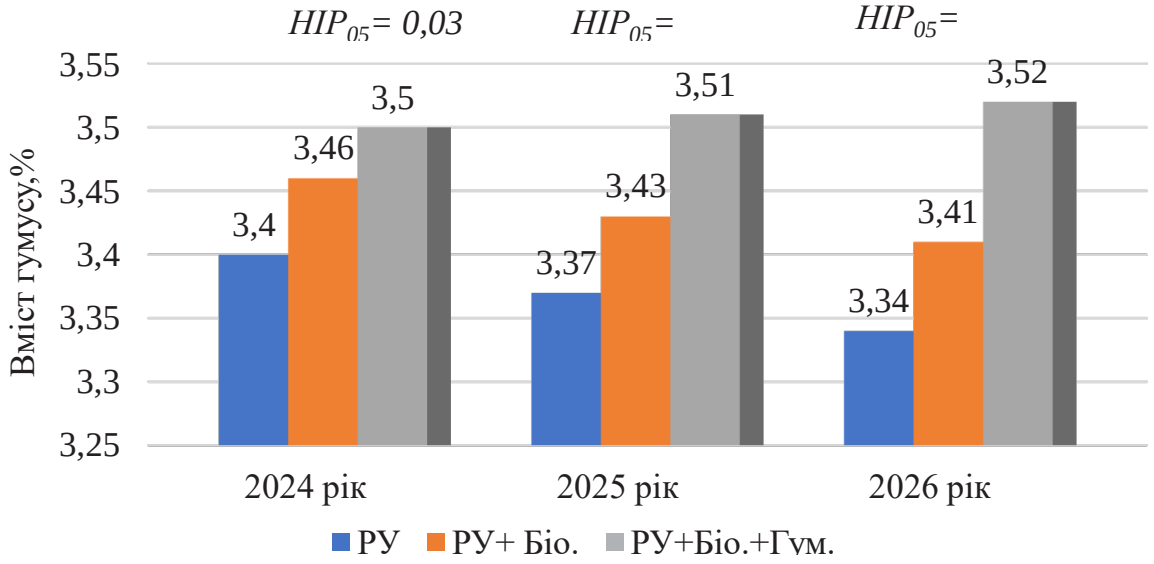


Рис. 1. Вміст гумусу у ґрунті в насадженні суниці залежно від удобрення добривами біологічної природи, де: РУ – розрахункове удобрення (контроль); РУ+Біо. – розрахункове удобрення з додаванням біогумусу; РУ+Біо.+Гум. – розрахункове удобрення з додаванням біогумусу і Гуміфренду

Гуміфренду впродовж вегетації. Зокрема, пересічно за роки досліджень у варіанті з внесенням біогумусу, кількість ріжків по дослідних сортах суниці становила 10,6–14,7 шт./кущ. Порівнюючи отримані дані з показниками виробничого контролю, істотне перевищення склало 1,9–2,5 шт./кущ ($НІР_{05}$=1,9), або 20–22%. Додаткове внесення біодобрива Гуміфренд сприяло подальшому наростанню стебел суниці із середнім показником для дослідних сортів 12,4–17,2 шт./кущ. Такі показники достовірно перевищили дані контрольного варіанту на 3,7–5,3 шт./кущ, що досягало 48%.

Застосування прийомів органічного удобрення суниці сприяло нарощуванню загальної сухої біомаси дослідних рослин. Аналогічно попередньо аналізованим показникам, зростання сухої біомаси рослин суниці відбувалось під впливом передсадивного удобрення біогумусом та додатковим внесенням Гуміфренду. Найвищу ефективність отримано від їх сумісного застосування. В цьому варіанті, пересічно по дослідних сортах суниці, показники сухої біомаси рослин досягали 14,1–19,3 г/кущ і достовірно перевищували дані контрольного варіанту на 1,7–2,4 г/кущ, або 10–15% ($НІР_{05}$=0,5). При передсадивному внесенні лише біогумусу, на фоні розрахункового удобрення, отримано подібну закономірність нарощування біомаси кущів суниці, але в меншій мірі. Зокрема, в цьому варіанті суха біомаса кущів суниці формувалась на рівні 13,4–18,5 г/кущ, що суттєво перевищувало показники виробничого контролю на 0,9–1,4 г/кущ, або 5–10%.

Формування квітконосів залежало від сортових особливостей дослідних сортів та від варіантів удобрення біодобривами (табл. 2). Найбільшу їх кількість зафіксовано у варіанті досліду, де удобрення проводили біогумусом сумісно із Гуміфрендом.

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Таблиця 2

Генеративна продуктивність суниці залежно від удобрення добривами біологічної природи (в середньому за 2024–2026 роки)

Сорти	Варіанти удобрення	Показники продуктивності		
		Кількість квітконосів, шт./кущ	Кількість квіток, шт./квітконіс	Урожайність, т/га
Румба	За аналізом ґрунту (контроль);	7,2	5,7	14,8
	За аналізом ґрунту + біогумус;	8,9	6,3	16,1
	За аналізом ґрунту + біогумус + Гуміфренд;	10,4	6,9	18,5
Мальвіна	За аналізом ґрунту (контроль);	6,9	5,1	11,4
	За аналізом ґрунту + біогумус;	8,3	5,7	13,3
	За аналізом ґрунту + біогумус + Гуміфренд;	9,9	6,2	15,7
Дукат	За аналізом ґрунту (контроль);	11,2	6,2	17,3
	За аналізом ґрунту + біогумус;	13,6	6,9	19,6
	За аналізом ґрунту + біогумус + Гуміфренд;	16,4	7,3	22,3
НІР05		1,2	0,3	1,2

Кількість квітконосів пересічно за роки досліджень по сорту Румба становила 10,4 шт./кущ, по сорту Мальвіна – 9,9 шт./кущ і по сорту Дукат –16,4 шт./кущ. Такі показники суттєво перевищували виробничий контроль на 3,0–5,2 шт./кущ за $НІР_{05}$=1,2. Істотно меншу кількість квітконосів на кущах мали рослини суниці за передсадивним удобренням лише біогумусом на фоні розрахункового удобрення. Порівняно до варіанту із додатковим додаванням Гуміфренду, кількість квітконосів зменшилась на 1,5–2,8 шт./кущ, що свідчить про поліпшення умов живлення за рахунок препарату Гуміфренд та його ефективний вплив. За порівняння з виробничим контролем, передсадивне внесення біогумусу суттєво впливало на збільшення кількості квітконосів в середньому на 20–24%. Така закономірність отримана по всіх дослідних сортах суниці. За сортовими особливостями найбільшу середню за роки кількість квітконосів отримано по сорту Дукат – 11,2 шт./кущ. У решти сортів аналізований показник був суттєво меншим.

Проведені дослідження свідчать про суттєву залежність кількості сформованих квіток на квітконосах від варіантів органічного удобрення та сортових особливостей суниці. Передсадивне удобрення дослідного насадження біогумусом на фоні розрахункового удобрення стимулювало формування квіток на квітконосах на 11–17%. Пересічно за роки досліджень, середній показник по всіх дослідних сортах суниці становив 5,7–6,9 шт./квітконос, що істотно перевищувало показники виробничого контролю на 0,6–0,7 шт./квітконос за $НІР_{05}$=0,3. Додаткове підживлення Гуміфрендом істотно підвищувало кількість сформованих квітконосами квіток ще на 0,4–0,5 шт./квітконос, що порівняно з показниками виробничого контролю в сумі достовірно перевищило їх на 17–21%. За сортовими особливостями, найбільшу кількість квіток на квітконосах формували рослини сорту Дукат – 6,2 шт./квітконос. По інших сортах аналізований показник поступався.

Вивчення впливу органічних добрив – біогумусу і Гуміфренду засвідчили залежність рівня врожайності суниці від варіантів досліду. Вищі показники врожайності дослідних сортів суниці отримано за її комплексного удобрення біогумусом і Гуміфрендому. Для сортів Румба, Мальвіна і Дукат, середній за роки показник врожайності склав 18,5 т/га, 15,7 т/га та 22,3 т/га відповідно, що на 25–37% істотно перевищувало показники виробничого контрольного варіанту за $НІР_{05}$=1,2. Меншим за попередній варіант показником врожайності, відзначились варіанти із передсадивним удобренням лише біогумусом. При цьому, перевищення контрольного варіанту було достовірним і коливалось у межах 1,3–2,3 т/га. Подібна закономірність формування урожайності суниці отримана по всіх дослідних сортах. За порівняння останніх вищим середнім за роки показником відзначився сорт Дукат – 17,3 т/га.

Висновки. Вирощування суниці із живленням на основі органічного удобрення сприяє збереженню і поповненню запасів гумусу у чорноземі опідзоленому на 0,10–0,22%. Серед варіантів із дослідними сортами суниці відмічена неістотна обернена тенденція до зменшення показника вмісту гумусу у ґрунті залежно від збільшення рівня ростової і генеративної продуктивності сортів. Удобрення суниці добривами біологічної природи посилює ростову продуктивність дослідних сортів. Формування її асиміляційної поверхні відбувається на 22–33% інтенсивніше на фоні розрахункового удобрення з додатковим внесенням біогумусу і Гуміфренду. За такого удобрення формується більша на 48% кількість стеблових утворень і на 10–15% зростає загальна біомаса кущів. Під впливом органічного удобрення зростає генеративна продуктивність суниці. При цьому, число квітконосів збільшується на 43–46%, а кількість квіток на них – на 17–21%. За рахунок застосування біогумусу і Гуміфренду, на фоні розрахункового удобрення, урожайність сортів суниці зростає на 3,7–5,0 т/га, або 25–37%.

Подяки. Виконання досліджень пов'язане із розділом наукової тематики Уманського національного університету «Удосконалення

сортименту і технології вирощування винограду і суниць у закритому і відкритому ґрунті» (Затверджено на засіданні кафедри плодівництва і виноградарства, протокол №11 від 17.03.2016 р.). Автори висловлюють вдячність університету за надання лабораторної бази та організаційну підтримку під час виконання дослідження.

Фінансування дослідження. Дослідження виконувались без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Усі автори цього дослідження погодилися з вимогами European Association of Science Editors (EASE), щодо розкриття інформації про конфлікт інтересів та заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Авторський внесок. Автори цього дослідження зазначають особистий внесок кожного:

Буцик Р. М.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; валідація відтворюваності результатів; забезпечення ресурсами та обладнанням; підготовка рукопису – перегляд і редагування; наукове керівництво; адміністрування процесу.

Власюк О. О.: підбір методів дослідження; валідація відтворюваності результатів; аналіз даних; проведення експерименту; забезпечення ресурсами та обладнанням; управління даними; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування; графічне представлення результатів.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ-асистовані технології не використовувалися.

References

1. Gichaba, N., Watako, A., Gesimba, M. (2026). Effects of Organic Fertilizers on Growth, Yield and Quality of Strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) VAR. Chandler in Nakuru. *Kenya International Journal of Applied Agricultural Sciences. Science Publishing Group*, 12(1) pp. 1–11. https://doi.org/10.11648/j.ijaas.20261201.11.

2. Karpenko, V. P. (2019). Produktyvnist sunytsi sadovoi za riznykh tekhnolohii vyroshchuvannia. [Productivity of garden strawberries under different cultivation technologies]. *Zb. nauk. pr. Umanskoho NUS*, – Vyp. 95. – Ch.1: Ahronomiia. – S. 116–127. https://doi.org/10.31395/2415-8240-2019-95-1-116-127 [in Ukrainian].

3. Kopytko, P. G., Yakovenko, R. V., Yakovenko, O. V., Chepurnyi, V. G., Fomenko, O. O. (2022). Feasibility to Neutralize Replant Disease under the Recultivation of an Apple Orchard. *Indian Journal of Agricultural Research*, Vol. 56. pp. 621–625. https://doi.org/10.18805/IJARe.AF-695.

4. Sayğı, N. (2022) Effects of organic fertilizer application on strawberry (*Fragaria vesca* L.) cultivation. *Agronomy*, 12, p. 1233, https://doi.org/10.3390/agronomy12051233.

5. Kopytko, R., Karpenko, V., Yakovenko, R., Mostoviak, I. (2017). Soil fertility and productivity of apple orchard under a long-term use of different fertilizer systems. *Agronomy Researh*. Vol. 15 (2). pp. 444–455. Available: https://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2017/04/Vol15nr2_Kopytko.pdf#abstract-5121

6. Yadav, S. K., Khokhar, U. U., Sharma, S. D., Kumar, P. (2016) Response of strawberry to organic versus inorganic fertilizers. *J. Plant Nutr.*, 39, pp.194–203,https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1109115.

7. Qingjie, L., Daqi, Z., Zhaoxin, S., Lirui, R., Xi, J., (2022).Wensheng Fang a, Dongdong Yan a b, Yuan Li a b, Qiuxia Wang a b, Aocheng Cao Organic fertilizer activates soil beneficial microorganisms to promote strawberry growth and soil health after fumigation. *Environmental Pollution*, https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118653.

8. Song, Z., Massart, S., Yan, D., Cheng, H., Eck, M., Berhal, C., Ouyang, Y., Li, C., Wang, Q., Cao, A. (2020). Composted chicken manure for anaerobic soil disinfestation increased the strawberry yield and shifted the soil microbial communities. *Sustainability*, 12, p. 6313, https://doi.org/10.3390/su12166313.

9. Kocira, S., Szparąga, A., Krawczuk, A., Bartoš, R., Zaguła, G., Plawgo, M., Černý, R. (2021). Plant material as a novel tool in designing and formulating modern biostimulants–analysis of botanical extract from *Linum usitatissimum*. *L.Materials*, 14, p. 6661, https://doi.org/10.3390/ma14216661.

10. Kopytko, P. H. (2010). Yakist vrozhaiu sunytsi zalezhno vid ukryvannia nasadzhennia ahrotkanynoiu, mulchuvannia gruntu ta udobrennia. [Quality of strawberry yield depending on covering the plantation with agro-fabric, soil mulching, and fertilization]. *Zb. nauk. pr. Umanskoho NUS*, – Vyp. 74. – Ch. 1: Ahronomiia. – S. 301–308. [in Ukrainian].

11. Idriss, D. K., Synthia, M., Honoré, I. K., Germain, P. N., Roland, W. T. (2024). Influence of organic and mineral fertilizers and a foliar biostimulant on the yield and nutritional quality of strawberries (*Fragaria* ×*ananassa* Duch.) under field conditions. *Biochemical Systematics and Ecology*, https://doi.org/10.1016/j.bse.2024.104917.

12. Zahid, N., Maqbool, M., Tahir, M. M., Horvitz, S., Hamid, A., Khalid, M. S., Ejaz, S., Jawad, R., Awan, S. I., Rehman, A., Ali, A. (2022). Influence of organic and inorganic fertilizer regimes on growth patterns and antioxidants capacity of strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) cv. Chandler. *J. Food Qual*, pp. 1–10, https://doi.org/10.1155/2022/8618854.

13. Markovskyi, V. S., Zavhorodnii, I. V. (1993). *Metodyka provedennia ahronomichnykh doslidiv z yahidnymy kulturamy.* [*Methodology of conducting agronomic experiments with berry crops*]. Kyiv: IS UAAN, S. 13–17. [in Ukrainian].

14. Derzhspozhyvstandart Ukrainy. (2005). *Iakist gruntu. Metody vyznachennia orhanichnoi rechovyny* (DSTU 4289). [Soil quality. Methods for determining organic matter (DSTU 4289)]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 10.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 581.557:631.811.98]:633.34
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-13-17



І. В. Гайдай
аспірант кафедри агробіології та біохімії,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: radak7484402@ukr.net
orcid.org/0009-0006-9331-6881

РИЗОБІАЛЬНИЙ АПАРАТ СОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

Сучасна біологізація технологій вирощування зернобобових культур передбачає цілеспрямоване керування взаємодією рослин із корисними мікроорганізмами. Ефективність таких заходів визначається генотипом культури, властивостями мікробних компонентів, способом їх застосування та умовами вирощування. Мета статті – дослідити розрізнену й комплексну дію біологічних препаратів Ековітал і Біонеостим на формування ризобіального апарату сої. Дослідження проводили в польових і лабораторних умовах кафедри агробіології та біохімії Уманського національного університету впродовж 2024–2026 років у посівах сої сорту Аннушка. Польові досліди закладали систематичним методом у триразовій повторності. Схема досліду включала передпосівну обробку насіння Ековіталом (0,2 л на посівну норму), Біонеостимом (1,0 л/т) та їх сумішшю, а також позакореневе застосування Біонеостиму (1,5 л/га) окремо і на відповідних фонах передпосівної обробки. Насіння обробляли за добу до сівби, посіви – у фазу третього трійчастого листка культури. Кількість і масу бульбочок визначали кількісно-ваговим методом. Встановлено, що комбінування передпосівної інокуляції з позакореневим застосуванням біопрепарату посилювало формування бульбочкового апарату. Найвищі показники в обох досліджуваних фазах одержано за обробки насіння сумішшю Ековіталу і Біонеостиму з наступним внесенням Біонеостиму по вегетації: у середньому за 2024–2026 рр. показники ризобіального апарату складали 15–17 бульбочок/рослину та 0,31–0,42 г/рослину.
Ключові слова: *соя, біологічні препарати, ризобіальний апарат.*

I. V. Haidai
PhD student at the Department of Agrobiology and Biochemistry,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: radak7484402@ukr.net
orcid.org/0009-0006-9331-6881

RHIZOBIAL APPARATUS OF SOYBEAN UNDER THE APPLICATION OF BIOLOGICAL PREPARATIONS

Modern biologization of grain-legume production increasingly relies on targeted management of plant–beneficial microorganism interactions. The effectiveness of such approaches depends on crop genotype, microbial components, application method, and growing conditions. The aim of the article was to investigate the individual and combined effects of the biological preparations Ekovital and Bioneostym on the formation of the soybean rhizobial apparatus. The study was conducted under field and laboratory conditions at the Department of Agrobiology and Biochemistry of Uman National University during 2024–2026 using the soybean cultivar Annushka. Field experiments were established by a systematic design with three replications. The treatments included pre-sowing seed application of Ekovital (0.2 L per seeding rate), Bioneostym (1.0 L/t), and their mixture, as well as foliar application of Bioneostym (1.5 L/ha) alone and on the corresponding seed-treatment backgrounds. Seeds were treated one day before sowing and crops were sprayed at the third trifoliate leaf stage. Nodule number and mass were determined by a counting-and-weighing method. Combining pre-sowing inoculation with foliar application enhanced soybean nodulation. The highest values at both growth stages were recorded for seed treatment with the Ekovital + Bioneostym mixture followed by foliar Bioneostym; averaged over 2024–2026, this treatment exceeded the control by 15–17 nodules per plant and 0.31–0.42 g of nodule mass per plant.
Key words: *soybean, biological preparations, rhizobial apparatus.*

Постановка проблеми. Біологічна фіксація молекулярного азоту є одним із ключових процесів, що визначають азотне живлення сої та дають змогу частково зменшувати залежність технології її вирощування від мінеральних азотних добрив. Формування продуктивного бобово-ризобіального симбіозу залежить не лише від наявності активних штамів *Bradyrhizobium*, а й від умов колонізації ними коренів, стану ризосфери та взаємодії з іншими корисними мікроорганізмами. Сучасні дослідження засвідчують, що інокуляція і співінокуляція можуть впливати на кількість і масу бульбочок, інтенсивність азотфіксації та ріст рослин сої [1–5]. Тому пошук технологічно сумісних комбінацій мікробних і біостимулювальних препаратів є актуальним напрямом біологізації соєвих агроценозів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У працях останніх років показано, що

результативність інокуляції сої визначається штамовим складом препаратів, способом внесення та умовами середовища. Співінокуляція *Bradyrhizobium* з *Pseudomonas* здатна посилювати симбіотичну азотфіксацію, ріст і мінеральне живлення рослин [4, 5, 8], а поєднання *Bradyrhizobium* з *Bacillus* та *Paenibacillus* змінює функціональний потенціал ризобактеріального угруповання і може створювати сприятливі умови для розвитку симбіотичної системи [6, 7]. Польові та вегетаційні дослідження також підтверджують залежність ефекту інокуляції від агроекологічних умов і генотипу сої [12, 16, 17].

Важливим напрямом є поєднання ризобіальної інокуляції з іншими біологічно активними компонентами. Додаткова інокуляція *Bradyrhizobium* упродовж вегетації може підтримувати біологічну фіксацію азоту на пізніших етапах розвитку [9]. Сумісна інокуляція з *Azospirillum*, гуміновими речовинами та іншими рослинно-ріст стимулювальними бактеріями впливає на параметри бульбочкоутворення, однак величина ефекту залежить від конкретного мікробного консорціуму і середовища [10, 11]. Встановлено також перспективність комбінацій *Bradyrhizobium* з *Pseudomonas* і *Bacillus* для підвищення стійкості симбіотичної системи та формування бульбочок за стресових умов [12–14].

Вітчизняні дослідження підтверджують доцільність передпосівної інокуляції та використання композицій біопрепаратів у технологіях вирощування сої [1–3]. Водночас результати зарубіжних робіт свідчать, що позитивний ефект коінокуляції не є універсальним: він визначається видом і штамом мікроорганізмів, фазою застосування та ґрунтово-кліматичними умовами [10, 15–17]. Це обґрунтовує необхідність перевірки конкретних препаратів і схем їх поєднання в локальних польових умовах.

Таким чином, попри значний обсяг досліджень з інокуляції посівів сої, недостатньо з'ясованим є питання ефективного комплексного поєднання передпосівної інокуляції з позакореневим застосуванням багатокомпонентних біологічних препаратів в умовах Правобережного Лісостепу. Зокрема, потребує експериментального уточнення результативність послідовного застосування в посівах Ековіталу і Біонеостиму, що й визначило наукову спрямованість дослідження.

Мета статті – дослідити розрізнену й комплексну дію біологічних препаратів Ековітал і Біонеостим на формування ризобіального апарату сої.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження виконували в польових і лабораторних умовах кафедри агробіології та біохімії Уманського національного університету впродовж 2024–2026 років. Дію біологічних препаратів Ековітал (*Bradyrhizobium japonicum* 2в та *Bacillus megaterium*, концентрація обох штамів не менше 3,0 млрд КУО/мл; виробник – Інститут мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України, Україна) та Біонеостим (N – 0,5–130 г/л, P_2O_5 – 0,2–225 г/л, K_2O – 0,5–270 г/л, Mg – 0,3–115 г/л, Mn – 0–130 г/л, CaO – 0,1–50 г/л, S – 0–84 г/л, B – 0,01–140 г/л, Mo – 0–159 г/л, Fe – 0,02–90 г/л, Cu – 0,01–102 г/л, Zn – 0,018–159 г/л, водорозчинні гумінові речовини – 0,25–20 г/л; *Pseudomonas* sp. D-1, *Paenibacillus polymyxa* 5, *Trichoderma* sp. D-1 – $1{,}0\times10^5$–$1{,}0\times10^6$ КУО/см^3; виробник – ТОВ «Перфект Агро», Україна) вивчали в посівах сої сорту Аннушка. Оригінатор сорту – ПП Наукова селекційно-насінницька фірма «Соєвий вік».

Польовий дослід закладали систематичним методом у триразовій повторності. Схема складалася з восьми варіантів: 1) без застосування препаратів (контроль); 2) Ековітал, обробка насіння перед сівбою 0,2 л на посівну норму (Фон I); 3) Біонеостим, обробка насіння перед сівбою 1,0 л/т (Фон II); 4) Ековітал + Біонеостим, обробка насіння перед сівбою сумішшю препаратів 0,2 л на посівну норму + 1,0 л/т (Фон III); 5) Біонеостим, обробка вегетуючих рослин 1,5 л/га; 6) Фон I + Біонеостим 1,5 л/га по вегетації; 7) Фон II + Біонеостим 1,5 л/га по вегетації; 8) Фон III + Біонеостим 1,5 л/га по вегетації. Насіння обробляли за добу до сівби. Позакореневе внесення Біонеостиму проводили у фазу третього трійчастого листка акумуляторним ранцевим обприскувачем DS-3WF-3 за витрати робочого розчину 200 л/га.

Кількість і масу бульбочок на кореневій системі сої визначали кількісно-ваговим методом за методикою В. В. Волкогона та ін. [18]. У кожній повторності по діагоналі ділянки відбирали 10 типових рослин (30 рослин з варіанту в кожну фазу обліку), обережно розкопуючи ґрунт навколо кореневої системи для запобігання втраті бульбочок. Відібрані рослини доставляли до лабораторії, корені відмивали від ґрунту, бульбочки обережно відокремлювали, надлишкову поверхневу вологу видаляли фільтрувальним папером, після чого підраховували кількість і визначали масу бульбочок для кожної рослини. Середні значення розраховували за формулами:

$$N = \frac{En}{K};\ M = \frac{Em}{K},$$

де:

N – середня кількість бульбочок;
M – середня маса бульбочок;
En – сумарна кількість бульбочок;
Em – сумарна маса бульбочок;
K – кількість облікових рослин.

Статистичну обробку експериментальних даних виконували методом дисперсійного аналізу в Microsoft Office Excel 2007; істотність різниць між варіантами оцінювали за $НІР_{05}$ відповідно до методичних підходів, викладених В. О. Єщенком та ін. [19].

Основні результати досліджень. Упродовж 2024–2026 років кількість і маса бульбочок в посівах сої варіювали залежно від схеми застосування біологічних препаратів і року досліджень. У фазу бутонізації найбільш виражений ефект забезпечували варіанти, що містили Ековітал у передпосівній обробці насіння (табл. 1).

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

У середньому за три роки передпосівне поєднання Ековіталу з Біонеостимом підвищувало кількість бульбочок із 13 до 25 шт./рослину, або на 92,3%, а їх масу – з 0,23 до 0,48 г/рослину, або на 108,7% порівняно з контролем. Додаткове позакореневе застосування Біонеостиму на цьому фоні забезпечувало 28 бульбочок/рослину масою 0,54 г/рослину, що перевищувало контроль відповідно на 115,4 і 134,8%.

Порівняння способів застосування препаратів виявило чітку різницю в силі їх впливу. Самостійне позакореневе внесення Біонеостиму збільшувало середню кількість бульбочок у фазу бутонізації лише на 15,4%, а їх масу – на 13,0% відносно контролю. Передпосівна дія Ековіталу забезпечувала приріст відповідно на 61,5 і 69,6%, тоді як Біонеостим для обробки насіння – на 30,8 і 26,1%. Отже, самостійне застосування Ековіталу для передпосівної обробки формувало основну частину позитивного ефекту, а позакореневе застосування Біонеостиму найкраще реалізувалося як доповнення до попередньо сформованого мікробного фону. За комплексної схеми різниця з контролем у 2024, 2025 і 2026 роках становила відповідно 15, 14 і 14 шт./рослину та 0,33, 0,31 і 0,28 г/рослину; в усіх трьох роках ці відмінності перевищували відповідні значення $НІР_{05}$, що підтверджує статистично істотну перевагу цієї комбінації.

У фазу цвітіння абсолютні значення кількості і маси бульбочок зросли в усіх варіантах досліду порівняно з фазою бутонізації (табл. 2). У контролі середня кількість бульбочок збільшилася з 13 до 20 шт./рослину, а їх маса – з 0,23 до 0,66 г/рослину. Передпосівне поєднання Ековіталу з Біонеостимом забезпечувало 36 бульбочок/рослину масою 0,98 г/рослину, що перевищувало контроль на 80,0 і 48,5% відповідно. За найефективнішої комплексної схеми (Фон ІІІ + Біонеостим 1,5 л/га) отримано 37 бульбочок/рослину масою 1,08 г/рослину, тобто на 85,0 і 63,6% більше за контроль.

Фазова динаміка показників свідчить, що позитивний ефект біопрепаратів формувався вже до бутонізації і зберігався під час цвітіння. У контролі від бутонізації до цвітіння кількість бульбочок зросла на 7 шт./рослину, а їх маса – на 0,43 г/рослину; за комплексної схеми відповідне збільшення становило 9 шт./рослину і 0,54 г/рослину. При цьому абсолютна перевага найефективнішого варіанта над контролем не зменшувалася, а зростала: за кількістю бульбочок – із 15 до 17 шт./рослину, за масою – з 0,31 до 0,42 г/рослину. Це вказує на те, що раннє

Таблиця 1

Формування кількості і маси бульбочок на кореневій системі сої за використання біопрепаратів Ековітал та Біонеостим (фаза бутонізації)

Варіант досліду	2024 р.	2025 р.	2026 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	17/0,28*	14/0,22	9/0,19	13/0,23
БП Ековітал (обробка насіння 0,2 л на посівну норму) Фон І	24/0,42	23/0,40	16/0,35	21/0,39
БП Біонеостим (обробка насіння 1,0 л/т) Фон ІІ	21/0,36	18/0,27	13/0,24	17/0,29
БП Ековітал + БП Біонеостим (обробка насіння сумішшю препаратів) ФОН ІІІ	28/0,50	26/0,49	22/0,44	25/0,48
БП Біонеостим (обробка вегетуючих рослин 1,5 л/га)	19/0,32	15/0,25	11/0,20	15/0,26
Фон І + БП Біонеостим 1,5 л/га	25/0,45	22/0,41	19/0,39	22/0,42
Фон ІІ + БП Біонеостим 1,5 л/га	22/0,37	19/0,38	15/0,32	19/0,36
Фон ІІІ + БП Біонеостим 1,5 л/га	32/0,61	28/0,53	23/0,47	28/0,54
$НІР_{05}$	2,8/0,12	1,5/0,10	1,9/0,09	

Примітка: до риски – кількість бульбочок, шт./рослину; після риски – маса бульбочок, г/рослину.*

Таблиця 2

Формування кількості і маси бульбочок на кореневій системі сої за використання біопрепаратів Ековітал та Біонеостим (фаза цвітіння)

Варіант досліду	2024 р.	2025 р.	2026 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	22/0,72*	21/ 0,67	17/ 0,59	20/0,66
БП Ековітал (обробка насіння 0,2 л на посівну норму) Фон І	34/0,93	30/0,82	27/0,80	30/0,85
БП Біонеостим (обробка насіння 1,0 л/т) Фон ІІ	29/0,76	25/0,72	22/0,65	25/0,71
БП Ековітал + БП Біонеостим (обробка насіння сумішшю препаратів) ФОН ІІІ	40/1,10	38/0,98	30/0,85	36/0,98
БП Біонеостим (обробка вегетуючих рослин 1,5 л/га)	24/0,73	23/0,70	19/0,63	22/0,69
Фон І + БП Біонеостим 1,5 л/га	37/0,98	35/0,90	28/0,81	33/0,90
Фон ІІ + БП Біонеостим 1,5 л/га	30/0,81	26/0,74	23/0,70	26/0,75
Фон ІІІ + БП Біонеостим 1,5 л/га	43/1,24	39/1,08	30/0,91	37/1,08
$НІР_{05}$	2,0/0,17	1,4/0,12	1,7/0,08	

Примітка: до риски – кількість бульбочок, шт./рослину; після риски – маса бульбочок, г/рослину.*

стимулювання формування бульбочкового апарату не було короткочасним і проявлялося також у наступній фазі розвитку рослин.

Міжрічна мінливість була помітною в обох фазах обліку: найвищі абсолютні показники отримано у 2024 році, нижчі – у 2025 і 2026 роках. Водночас ранжування варіантів залишалося подібним, а комплексна схема стабільно формувала максимальні значення. У фазу цвітіння її перевага над контролем за кількістю бульбочок становила 21, 18 і 13 шт./рослину у 2024, 2025 і 2026 роках, а за масою – 0,52, 0,41 і 0,32 г/рослину. У кожному році ці різниці перевищували $НІР_{05}$ (2,0/0,17; 1,4/0,12; 1,7/0,08 відповідно), що підтверджує істотність ефекту.

Отримана закономірність узгоджується із сучасними даними щодо ефективності співінокуляції сої ризобіальними та іншими рослинно-асоційованими мікроорганізмами. У дослідженнях із поєднанням *Bradyrhizobium* з *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Paenibacillus* та іншими PGPR відзначено посилення ростових процесів, симбіотичної ефективності та формування бульбочок [4, 6–8, 11–14]. Показано також, що додаткова інокуляція *Bradyrhizobium* упродовж вегетації може підтримувати біологічну фіксацію азоту та активність бульбочкового апарату на пізніших етапах розвитку [9]. У цьому контексті перевага комплексної схеми в нашому досліді є біологічно узгодженою з результатами інших авторів, однак її величина визначається конкретним складом препаратів, сортом і умовами проведення дослідів.

Отриманий ефект, можливо, пов'язаний з комплементарністю компонентів досліджуваних препаратів. Ековітал містить *Bradyrhizobium japonicum* і *Bacillus megaterium*, тоді як до складу Біонеостиму входять *Pseudomonas* sp., *Paenibacillus polymyxa*, *Trichoderma* sp., гумінові речовини та комплекс макро- і мікроелементів. Таке поєднання може одночасно підтримувати первинне інфікування коренів ризобіями, розвиток кореневої системи та умови для функціонування мікробного консорціуму.

З практичної точки зору найбільше значення має не лише максимальне значення показника, а й послідовність формування ефекту. Додавання позакореневого Біонеостиму до передпосівної суміші Ековітал + Біонеостим забезпечувало додатковий приріст у середньому на 3 бульбочки/рослину і 0,06 г/рослину у фазу бутонізації та на 1 бульбочку/рослину і 0,10 г/рослину у фазу цвітіння порівняно з однією лише передпосівною сумішшю. Отже, позакореневе внесення виступало як підсилювальний елемент уже сформованої передпосівної системи. Для остаточної виробничої оцінки такої схеми доцільно надалі зіставити показники бульбочкоутворення з активністю азотфіксації, урожайністю та економічною ефективністю.

Висновки. 1. Передпосівні способи застосування досліджуваних біопрепаратів були результативнішими щодо формування ризобіального апарату сої, ніж окреме позакореневе внесення. 2. Поєднання Ековіталу з Біонеостимом для обробки насіння забезпечувало істотне збільшення кількості й маси бульбочок уже у фазу бутонізації, а наступне позакореневе застосування Біонеостиму додатково посилювало цей ефект. 3. Від бутонізації до цвітіння кількість і маса бульбочок зростали в усіх варіантах; за найефективнішої схеми абсолютна перевага над контролем збільшувалася з 15 до 17 шт./рослину за кількістю та з 0,31 до 0,42 г/рослину за масою. 4. Попри міжрічну мінливість абсолютних значень, комплексна схема Ековітал + Біонеостим для обробки насіння з наступним внесенням Біонеостиму 1,5 л/га стабільно формувала максимальні показники, а її перевага над контролем у кожному році перевищувала $НІР_{05}$. 5. Послідовне поєднання передпосівного та позакореневого застосування досліджуваних біопрепаратів є перспективним елементом біологізації технології вирощування сої, проте подальша оцінка має включати функціональні показники азотфіксації, урожайність та економічну ефективність.

Подяки. Автор висловлює вдячність завідувачу ННЛ «Агроекологічного моніторингу в агросфері» кандидату с.-г. наук, доценту кафедри агробіології та біохімії Р. М. Притуляку за сприяння у виконанні досліджень на базі лабораторії.

Фінансування дослідження. Ініціативне.

Конфлікт інтересів. Відсутній.

Авторський внесок. Гайдай І. В.: концепція дослідження, проведення експерименту, збір та аналіз даних, підготовка первинного тексту, перегляд і редагування рукопису.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Текст рукопису, експериментальні дані та їх статистична обробка не генерувалися інструментами ШІ.

References

1. Laslo, O.O., Marinich, L.H., Holub-Makovetska, I.A. (2025). Kompozytsiini sumishi rehuliatoriv rostu ta inokuliantiv u tekhnolohii vyroshchuvannia orhanichnoi soi [Compositional mixtures of growth regulators and inoculants in organic soybean cultivation technology]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 141(1), 157–163. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.20 [in Ukrainian].

2. Zubko, O.M., Berdin, S.I., Butenko, Ye.Yu., Stavitskyi, A.A. (2025). Vplyv biolohichnykh preparativ dlia peredposivnoi obrobky nasinnia na dynamiku formuvannia morfolohichnykh oznak soi [Effect of biological preparations for pre-sowing seed treatment on the dynamics of soybean morphological traits]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychykh nauk*, 11, 126–135. https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025.13 [in Ukrainian].

3. Koliada, O.V., Blyzniuk, O.M., Masalitina, N.Yu., Bielinska, A.P., Varankina, O.O., Bielykh, I. A. (2022). Doslidzhennia efektyvnosti inokuliatsii soi biotekhnolohichnymy preparatamy [Study of the effectiveness of soybean inoculation with biotechnological preparations]. *Intehrovani tekhnolohii ta enerhozberezhennia*, 3, 3–11. https://doi.org/10.20998/2078-5364.2022.3.01 [in Ukrainian].

4. Tu, T.-C., Lin, S.-H., Shen, F.-T. (2021). Enhancing symbiotic nitrogen fixation and soybean growth through co-inoculation with *Bradyrhizobium* and *Pseudomonas* isolates. *Sustainability*, 13(20), 11539. https://doi.org/10.3390/su132011539.

5. Jabborova, D., Kannepalli, A., Davranov, K., et al. (2021). Co-inoculation of rhizobacteria promotes growth, yield, and nutrient contents in soybean and improves soil enzymes and nutrients under drought conditions. *Scientific Reports*, 11, 22081. https://doi.org/10.1038/s41598-021-01337-9.

6. Miljaković, D., Marinković, J., Tamindžić, G., et al. (2022). Bio-priming of soybean with *Bradyrhizobium japonicum* and *Bacillus megaterium*: Strategy to improve seed germination and the initial seedling growth. *Plants*, 11(15), 1927. https://doi.org/10.3390/plants11151927.

7. Xing, P., Zhao, Y., Guan, D., Li, L., Zhao, B., Li, J. (2022). Effects of *Bradyrhizobium* co-inoculated with *Bacillus* and *Paenibacillus* on the structure and functional genes of soybean rhizobacteria community. *Genes*, 13(11), 1922. https://doi.org/10.3390/genes13111922.

8. Kumawat, K.C., Singh, I., Nagpal, S., Sharma, P., Gupta, R.K., Sirari, A. (2022). Co-inoculation of indigenous *Pseudomonas oryzihabitans* and *Bradyrhizobium* sp. modulates the growth, symbiotic efficacy, nutrient acquisition, and grain yield of soybean. *Pedosphere*, 32(3), 438–451. https://doi.org/10.1016/S1002-0160(21)60085-1.

9. Martins, J.T., Rasmussen, J., Eriksen, J., Arf, O., De Notaris, C., Moretti, L.G. (2022). Biological N fixation activity in soybean can be estimated based on nodule dry weight and is increased by additional inoculation. *Rhizosphere*, 24, 100589. https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2022.100589.

10. Bais, J., Kandel, H., DeSutter, T., Deckard, E., Keene, C. (2023). Soybean response to N fertilization compared with co-inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense*. *Agronomy*, 13(8), 2022. https://doi.org/10.3390/agronomy13082022.

11. Canellas, L.P., Silva, R.M., Barbosa, L.J.S., Sales, F.S., Ribeiro, R.C., Mota, G.P., Olivares, F.L. (2023). Co-inoculation with *Bradyrhizobium* and humic substances combined with *Herbaspirillum seropedicae* promotes soybean vegetative growth and nodulation. *Agronomy*, 13(10), 2660. https://doi.org/10.3390/agronomy13102660.

12. Win, K.T., Tanaka, F., Minamisawa, K., Imaizumi-Anraku, H. (2024). Growth and yield dynamics in three Japanese soybean cultivars with plant growth-promoting *Pseudomonas* spp. and *Bradyrhizobium ottawaense* co-inoculation. *Microorganisms*, 12(7), 1478. https://doi.org/10.3390/microorganisms12071478.

13. Marinković, J., Miljaković, D., Đorđević, V., Vasiljević, M., Tamindžić, G., Miladinović, J., Vasiljević, S. (2024). Perspectives of *Bradyrhizobium* and *Bacillus* inoculation for improvement of soybean tolerance to water deficit. *Agronomy*, 14(11), 2692. https://doi.org/10.3390/agronomy14112692.

14. Cheng, Y., Jiang, X., He, X., et al. (2025). *Bacillus velezensis* 20507 promotes symbiosis between *Bradyrhizobium japonicum* USDA110 and soybean by secreting flavonoids. *Frontiers in Microbiology*, 16, 1572568. https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1572568

15. Fulaneti, F.S., Ferreira, M.M., Vey, R.T., et al. Growth-promoting bacteria in coinoculation in soybean. (2025). *Brazilian Journal of Biology*, 85, e295709. https://doi.org/10.1590/1519-6984.295709.

16. Kyei-Boahen, S., Savala, C.E.N., Muananamuale, C. P., et al. (2023). Symbiotic effectiveness of *Bradyrhizobium* strains on soybean growth and productivity in Northern Mozambique. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 1084745. https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1084745.

17. Halwani, M., Reckling, M., Egamberdieva, D., Omari, R.A., Bellingrath-Kimura, S. D., Bachinger, J., Bloch, R. (2021). Soybean nodulation response to cropping interval and inoculation in European cropping systems. *Frontiers in Plant Science*, 12, 638452. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.638452.

18. Volkohon, V.V., Nadkernychna, O.V., Tokmakova, L.M., ta in. (2010). Eksperymentalna gruntova mikrobiolohiia monohrafiia; za red. V.V. Volkohona [Experimental soil microbiology: monograph; edited by V.V. Volkogon]. Kyiv: Ahrarna nauka, 463. ISBN 978-966-540-300-5 [in Ukrainian].

19. Ieshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Opryshko, V.P., Kostohryz, P.V. (2005). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: [pidruch.]; za red. V.O. Yeshchenka [Fundamentals of Scientific Research in Agronomy: Textbook; edited by V.O. Yeshchenko]. Kyiv: Diia, 288. ISBN 966-7665-58-5 [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 28.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 664.788:633.16
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-18-23



О. П. Герасимчук
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: elena.gerasim4uk@ukr.net
orcid.org/0000-0003-0973-832X



К. В. Костецька
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: kostetskakateryna@gmail.com
orcid.org/0000-0003-2387-5400

ВПЛИВ УМОВ ЗБЕРІГАННЯ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ

У статті наведено результати експериментальних досліджень впливу різних умов зберігання на технологічні властивості та показники якості зерна кукурудзи харчового призначення. Збереження високої якості зерна є одним із ключових чинників забезпечення ефективності його подальшої переробки, оскільки навіть незначні зміни фізичних, біохімічних і технологічних властивостей можуть істотно впливати на вихід готової продукції, її споживчі характеристики та економічну ефективність виробництва. Особливої актуальності проблема набуває в умовах збільшення обсягів виробництва кукурудзи в Україні, необхідності її тривалого зберігання та забезпечення стабільної якості сировини для харчової промисловості. Мета дослідження полягала у виявленні закономірностей зміни основних технологічних показників зерна кукурудзи залежно від вологості, температурного режиму та доступу повітря під час зберігання. Об'єктом дослідження було зерно кукурудзи сортів Авангард і Матеус із різною початковою вологістю, яке зберігали за звичайних умов та в охолодженому середовищі (+5 °С) за наявності й відсутності доступу повітря. У процесі досліджень визначали органолептичні показники зерна, натуру, масу 1000 зерен, схожість, а також аналізували зміну технологічних властивостей залежно від умов зберігання. Отримані результати свідчать, що найбільший вплив на збереження якості зерна мають його початкова вологість, температура зберігання та газове середовище. Встановлено, що зниження температури до +5 °С істотно уповільнює перебіг фізіолого-біохімічних процесів, зменшує інтенсивність дихання зерна та сприяє кращому збереженню його технологічних характеристик. Герметичне зберігання забезпечує мінімальні втрати маси зерна та стабільність основних показників якості навіть за підвищеної вологості. Експериментально підтверджено, що за вологості зерна 13–15% технологічні властивості практично не погіршуються незалежно від способу зберігання, тоді як за вологості 18% найбільш інтенсивні зміни відбуваються за звичайних умов із вільним доступом повітря. Водночас застосування охолодження та герметизації дозволяє значною мірою мінімізувати втрати маси 1000 зерен, зберегти натуру зерна та підтримувати високий рівень його посівних і технологічних властивостей. Науково обґрунтовано доцільність використання охолодженого та герметичного способів зберігання зерна кукурудзи для підприємств зернопереробної галузі. Запропоновані технологічні рішення забезпечують підвищення стабільності показників якості зерна, зменшення втрат сухих речовин під час зберігання та підвищення ефективності його подальшої переробки у харчовій промисловості.

Ключові слова: *кукурудза, зерно, зберігання, технологічні властивості, якість зерна.*

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

O. P. Herasymchuk
Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor,
Associate Professor at the Department of Food Technologies,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: elena.gerasim4uk@ukr.net
orcid.org/0000-0003-0973-832X
K. V. Kostetska
Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor,
Associate Professor of the Department of Food Technologies,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: kostetskakateryna@gmail.com
orcid.org/0000-0003-2387-5400

INFLUENCE OF STORAGE CONDITIONS ON THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES AND QUALITY INDICATORS OF CORN GRAIN

The article presents the results of an experimental study on the influence of different storage conditions on the technological properties and quality indicators of food-grade corn grain. Maintaining the quality of grain during storage is one of the key factors ensuring the efficiency of its further processing in the food industry. Changes in physical, biochemical and technological characteristics occurring during storage directly affect the yield of finished products, their nutritional value and economic efficiency of grain processing enterprises. Therefore, improving storage technologies remains an important scientific and practical task under conditions of increasing grain production and long-term storage. The purpose of the study was to determine the effect of grain moisture content, temperature conditions and air access on the preservation of technological properties of corn grain during storage. The research objects were corn grain samples of the Avanhard and Mateus hybrids with different initial moisture contents. The samples were stored under conventional warehouse conditions and at a reduced temperature of +5°C under both hermetic and non-hermetic conditions. The study included determination of organoleptic characteristics, bulk density, thousand-kernel weight, germination capacity and changes in technological properties throughout the storage period. Experimental results demonstrated that the preservation of grain quality largely depends on the initial moisture content as well as on the temperature and gaseous environment during storage. Cooling significantly slowed down physiological and biochemical processes, reduced respiration intensity and minimized dry matter losses. Hermetic storage also contributed to maintaining stable technological properties by limiting oxidative processes and biological activity. The obtained data confirmed that grain with a moisture content of 13–15% retained high technological quality regardless of storage conditions, whereas grain with 18% moisture exhibited the greatest deterioration under conventional storage with unrestricted air access. At the same time, the combination of cooling and hermetic storage ensured the best preservation of bulk density, thousand-kernel weight and germination capacity throughout the experimental period. The practical significance of the research lies in substantiating the effectiveness of cooled and hermetic storage technologies for food-grade corn. The proposed technological approaches contribute to reducing quantitative and qualitative grain losses, maintaining stable technological characteristics and improving the efficiency of further grain processing at food enterprises.
Key words: *corn grain, storage, technological properties, grain quality, food technology.*

Постановка проблеми. Кукурудза є однією з провідних зернових культур світового землеробства та займає важливе місце у забезпеченні продовольчої безпеки, розвитку зернопереробної промисловості й формуванні експортного потенціалу України. Завдяки високому вмісту крохмалю, білків, жирів, харчових волокон і біологічно активних речовин зерно кукурудзи широко використовується у виробництві круп, борошна, крохмалю, харчових концентратів, продуктів дитячого та дієтичного харчування. Водночас якість готової продукції значною мірою визначається технологічним станом зерна, що формується не лише під час вирощування, а й у процесі післязбиральної обробки та зберігання [1].

Після збирання зерно залишається живою біологічною системою, у якій продовжуються фізіологічні та біохімічні процеси. Інтенсивність дихання, ферментативні реакції, розвиток мікроорганізмів і комах-шкідників безпосередньо залежать від температури, вологості зерна, відносної вологості повітря та тривалості зберігання. За порушення оптимальних режимів відбувається активізація процесів самозігрівання, підвищується інтенсивність гідролітичних і окиснювальних реакцій, що призводить до втрати сухих речовин, зниження посівних і технологічних властивостей зерна та погіршення його харчової цінності [2, 3].

Особливої актуальності проблема набуває в сучасних умовах, коли через сезонність виробництва значна частина врожаю кукурудзи зберігається протягом тривалого часу до моменту реалізації або перероблення. За таких умов навіть незначне відхилення параметрів зберігання може спричинити суттєві економічні втрати, зниження виходу готової продукції та погіршення її споживчих властивостей. Крім того, збільшення тривалості логістичних ланцюгів та необхідність накопичення стратегічних запасів зерна висувають підвищені вимоги до стабільності його якісних показників.

Одним із перспективних напрямів мінімізації втрат є застосування низькотемпературного та герметичного способів зберігання, які дозволяють обмежити розвиток небажаних біологічних процесів без використання хімічних консервувальних засобів [4]. Однак ефективність зазначених технологічних рішень залежить від початкової вологості зерна, його фізіологічного стану та тривалості зберігання, що потребує подальшого експериментального обґрунтування.

У зв’язку з цим дослідження впливу різних режимів зберігання на технологічні властивості та показники якості зерна кукурудзи є актуальним як з наукової, так і з практичної точки зору.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Збереження технологічних властивостей зерна кукурудзи протягом післязбирального періоду є одним із найважливіших напрямів сучасних досліджень у галузі харчових технологій та післязбиральної обробки зернової сировини. Особливого значення набуває проблема мінімізації кількісних і якісних втрат під час тривалого зберігання, які безпосередньо впливають на технологічні властивості зерна та економічну ефективність зернопереробних підприємств.

У працях вітчизняних учених значну увагу приділено вивченню закономірностей післязбирального дозрівання зерна, процесів його дихання, самозігрівання, зміни вологості, а також впливу температурних режимів на інтенсивність біохімічних процесів [5, 6]. Доведено, що навіть за незначного підвищення вологості та температури активізуються ферментативні реакції, прискорюється розвиток мікроорганізмів і комах-шкідників, збільшуються втрати сухих речовин та погіршуються технологічні показники зернової маси [4, 7]. Встановлено також, що ефективне охолодження зерна є одним із найбільш економічно доцільних способів стабілізації його якісного стану під час тривалого зберігання [8].

Останніми роками значна кількість зарубіжних досліджень присвячена оцінюванню впливу герметичного та негерметичного способів зберігання зерна кукурудзи. Встановлено, що за герметичного зберігання інтенсивність дихання зернової маси поступово знижується внаслідок накопичення вуглекислого газу та зменшення концентрації кисню [2, 9]. Це істотно уповільнює перебіг фізіологічних процесів, пригнічує розвиток комах і мікроскопічних грибів та забезпечує краще збереження технологічних характеристик зерна порівняно зі звичайними умовами зберігання.

Особлива увага приділяється дослідженню впливу початкової вологості зерна [4]. За результатами сучасних експериментальних робіт встановлено, що зерно кукурудзи з вологістю близько 14% зберігає високу натуру, масу 1000 зерен та стабільні фізичні властивості навіть після тривалого зберігання. Натомість збільшення вологості до 16–18% значно прискорює процеси дихання, підвищує температуру зернової маси, сприяє накопиченню вуглекислого газу, розвитку мікрофлори та погіршенню технологічних показників [10]. За негерметичного способу зберігання ці зміни відбуваються значно швидше, ніж у герметичному середовищі.

Незважаючи на значну кількість опублікованих праць, більшість сучасних досліджень орієнтована переважно на моніторинг окремих фізико-хімічних показників зерна або вдосконалення технічних засобів контролю процесів зберігання [3, 4, 8]. Водночас недостатньо висвітленими залишаються питання комплексної оцінки впливу поєднання температурного режиму, початкової вологості та доступу повітря на сукупність технологічних властивостей зерна кукурудзи, які визначають його придатність до подальшої переробки у харчовій промисловості.

Мета дослідження полягала у встановлення закономірностей впливу температурного режиму, початкової вологості та доступу повітря під час зберігання на технологічні властивості й показники якості зерна кукурудзи, а також наукове обґрунтування найбільш ефективних умов його зберігання для забезпечення стабільності технологічних характеристик і підвищення ефективності подальшої переробки у харчовій промисловості.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводили в лабораторії кафедри харчових технологій Уманського національного університету впродовж 2022–2024 рр використовуючи зразки зерна, отримані з урожаїв відповідних років.

Об'єктом дослідження було зерно кукурудзи гібридів Авангард та Матеус, які відрізняються морфологічними особливостями зернівки та технологічними властивостями. Для проведення досліджень формували партії зерна з початковою вологістю 13, 15 та 18%. Зерно зберігали за двох температурних режимів: у звичайних складських умовах (неопалюваний ангар) та в умовах охолодження при температурі +5 °С.

Для кожного температурного режиму досліджували два варіанти газового середовища – з вільним доступом повітря та без доступу повітря (герметичне зберігання). Закладання досліду здійснювали 10 жовтня, завершення експериментального періоду та відбір кінцевих проб – 10 листопада. Відбір проб зерна проводили відповідно до вимог ГОСТ 13586.3–2015.

У процесі дослідження визначали комплекс показників: органолептичну оцінку (колір, запах, стан зернівок) – відповідно до ДСТУ 2422:94; вологість зерна – згідно з ДСТУ ГОСТ 29144:2009; масу 1000 зерен – за ДСТУ ISO 520:2015; натуру зерна – відповідно до ДСТУ ГОСТ 10840:2019; здатність до проростання – згідно з ДСТУ 4138:2002.

Кожне визначення виконували у триразовій повторності. Отримані результати обробляли методами варіаційної статистики з визначенням середніх значень показників і оцінкою достовірності отриманих відмінностей за допомогою найменшої істотної різниці ($НІР_{05}$).

Основні результати дослідження. Проведені дослідження показали, що за початкової вологості 13% зерно обох гібридів практично не втрачало своїх органолептичних властивостей незалежно від умов зберігання: колір залишався типовим, поверхня зернівок була чистою, блискучою, сторонній запах не виявлявся. За вологості 15% також не спостерігалося суттєвого погіршення показників в охолодженому та герметичному варіантах. Проте за звичайних умов із вільним доступом повітря відмічали незначне послаблення природного блиску зернівки. Найбільш виражені зміни встановлено у зерна з початковою вологістю 18% за звичайного зберігання з доступом повітря: окремі зернівки ставали матовими, а запах набував ознак підвищеної фізіологічної активності (запах самозігрівання). Застосування охолодження (+5 °С) та

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

герметизації дозволило повністю зберегти природний колір та запах кукурудзи навіть за підвищеної вологості.

Натура зерна характеризує його виповненість і є важливим технологічним показником для експортних операцій та оцінки потенційного виходу готової продукції (крупи, борошна). Результати вивчення динаміки натури зерна кукурудзи залежно від температурного режиму та умов герметизації наведено в таблицях 1 та 2.

Аналіз даних свідчить, що за початкової вологості 13 та 15% натура залишалася стабільною.

Суттєве зниження натури відбулося за вологості 18% у звичайних умовах з доступом повітря: у гібрида Авангард натура знизилася на 5,6% (до 680 г/л), у Матеус — майже на 6% (до 653 г/л). Застосування охолодження (+5 °С) та герметизації значно зменшило ці втрати (табл. 2).

Динаміка маси 1000 зерен відображає як процеси втрати сухої речовини на дихання, так і процеси сорбції вологи із повітря (табл. 3).

У варіантах сухого зерна (13–15% вологості) з доступом повітря зафіксовано незначне збільшення маси 1000 зерен, зумовлене гігроскопічним поглинанням вологи з навколишнього середовища. За герметичного зберігання показник залишався незмінним. За вологості 18% відбувалося зниження маси через інтенсивні витрати сухих речовин на дихання (найбільше – до 325 г у Авангард та 306 г у Матеус у негерметичних умовах складу). Охолодження та герметизація нівелювали цей ефект.

Характер зміни вологості зерна істотно залежав від температурного режиму та умов газового середовища. Найбільш стабільними виявилися варіанти охолодженого та герметичного

Таблиця 1

Зміна натури зерна кукурудзи за зберігання у звичайних умовах, г/л

Початкова вологість, %	Умови зберігання	Авангард (до)	Авангард (після)	Матеус (до)	Матеус (після)
13	з доступом повітря	720	710	695	680
13	без доступу повітря	720	720	695	695
15	з доступом повітря	720	720	695	695
15	без доступу повітря	720	720	695	695
18	з доступом повітря	720	680	695	653
18	без доступу повітря	720	698	695	671

Примітка: $НІР_{05}$: Авангард – 12 г/л; Матеус – 10 г/л.

Таблиця 2

Зміна натури зерна кукурудзи під час зберігання в умовах охолодження (+5 °С), г/л

Початкова вологість, %	Умови зберігання	Авангард (до)	Авангард (після)	Матеус (до)	Матеус (після)
13	з доступом повітря	720	715	695	688
13	без доступу повітря	720	720	695	695
15	з доступом повітря	720	720	695	695
15	без доступу повітря	720	720	695	695
18	з доступом повітря	720	698	695	678
18	без доступу повітря	720	710	695	683

Примітка: $НІР_{05}$: Авангард – 10 г/л; Матеус – 7 г/л.

Таблиця 3

Маса 1000 зерен кукурудзи за зберігання у звичайних складських та в умовах охолодження (+5 °С), умовах, г

Початкова вологість, %	Умови зберігання	зберігання у звичайних складських умовах, г				зберігання в умовах охолодження (+5 °С), г			
		Авангард (до)	Авангард (після)	Матеус (до)	Матеус (після)	Авангард (до)	Авангард (після)	Матеус (до)	Матеус (після)
13	з доступом повітря	330	334	310	314	330	332	310	313
13	без доступу повітря	330	330	310	310	330	330	310	310
15	з доступом повітря	330	332	310	313	330	332	310	312
15	без доступу повітря	330	330	310	310	330	330	310	310
18	з доступом повітря	330	325	310	306	330	329	310	308
18	без доступу повітря	330	328	310	308	330	329	310	309

Примітка: $НІР_{05\ зберігання\ у\ звичайних\ складських\ умовах}$: Авангард – 3,0 г; Матеус – 2,6 г; $НІР_{05\ зберігання\ в\ умовах\ охолодження\ (+5\ °С)}$: Авангард – 2,1 г; Матеус – 1,8 г.

зберігання, тоді як за звичайних умов із вільним доступом повітря спостерігалися найбільші коливання цього показника.

Для зерна з початковою вологістю 13% зміни були мінімальними, оскільки зерно перебувало у стані, близькому до рівноважної вологості. Найбільш суттєві зміни спостерігалися у зерна з початковою вологістю 18% у звичайних умовах: процеси дихання супроводжувалися виділенням тепла та внутрішньої вологи, що створювало ризики локального самозігрівання. Охолодження до +5 °С та герметизація надійно заблокували цей процес.

Здатність до проростання використовували як інтегральний критерій оцінки збереження фізіологічної повноцінності зерна.

За вологості 13% зерно обох гібридів повністю зберегло життєздатність. Найбільше зниження здатності до проростання відмічено у зерна з початковою вологістю 18%, яке зберігалося у звичайних умовах із доступом повітря, де активізувалися мікробіологічні процеси та дихання. За герметичного способу зберігання та охолодження втрати схожості були статистично незначущими, що підтверджує захисну роль обмеження кисню та низьких температур для зародка зерна.

Комплексний аналіз експериментальних даних дозволив встановити чітку закономірність: найкращі результати отримано за поєднання двох технологічних прийомів – охолодженого (+5 °С) та герметичного зберігання. За вологості 13–15% зерно практично не втрачало своїх технологічних властивостей незалежно від способу зберігання, тоді як за вологості 18% спостерігалося значне прискорення фізіолого-біохімічних процесів.

Отримані результати розширюють існуючі наукові уявлення, оскільки дозволяють комплексно оцінити взаємодію температури, вологості та газового середовища саме для зерна кукурудзи харчового призначення.

Висновки. Початкова вологість зерна є одним із визначальних факторів, який впливає на інтенсивність фізіолого-біохімічних процесів у зерновій маси. За вологості 13–15% зерно обох досліджуваних гібридів зберігало стабільні органолептичні та технологічні властивості незалежно від способу зберігання. Підвищення вологості до 18% призводило до активізації процесів дихання, збільшення втрат сухої речовини та погіршення фізичних показників.

Застосування охолодження зернової маси до +5 °С забезпечувало істотне сповільнення фізіолого-біохімічних процесів, зменшувало інтенсивність дихання зерна та сприяло кращому збереженню його фізичних і технологічних характеристик порівняно зі зберіганням у звичайних складських умовах.

Установлено позитивний вплив герметичного способу зберігання на стабільність показників якості зерна кукурудзи. Обмеження доступу кисню дозволило знизити інтенсивність окиснювальних процесів, мінімізувати втрати сухих речовин та забезпечити краще збереження натури зерна, маси 1000 зерен і здатності до проростання.

Найбільш ефективним комплексним режимом зберігання є поєднання охолодження зернової маси до температури +5 °С та герметичного способу зберігання, що мінімізує втрати сухих речовин та є важливою передумовою отримання високоякісної сировини для підприємств харчової промисловості.

Перспективи подальших досліджень доцільно спрямувати на вивчення змін біохімічного складу зерна кукурудзи за тривалого зберігання, оцінювання впливу різних способів зберігання на вихід і якість продуктів переробки, а також на розроблення енергоефективних технологій кондиціювання зернової маси.

Подяки. Автори висловлюють вдячність Уманському національному університету за надання лабораторної бази та організаційну підтримку під час виконання дослідження.

Фінансування дослідження. Дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Відсутній.

Авторський внесок.

Герасимчук О. П.: визначення концепції дослідження, підбір методів дослідження, аналіз даних, проведення експерименту, забезпечення ресурсами та обладнанням, управління даними, підготовка рукопису – первинний текст, підготовка рукопису – перегляд і редагування, адміністрування процесу.

Костецька К. В.: визначення концепції дослідження, підбір методів дослідження, валідація відтворюваності результатів, аналіз даних, проведення експерименту, забезпечення ресурсами та обладнанням, забезпечення ресурсами та обладнанням, управління даними, підготовка рукопису – перегляд і редагування.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ-асистовані технології не використовувалися.

References

1. Kyrpa M. Ya. (2013). Naukove obgruntuvannia innovatsiinykh promyslovykh tekhnolohii zberihannia zerna. [Scientific substantiation of innovative industrial grain storage technologies.]. *Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy.* No. 5. P. 93–98. https://institut-zerna.com/library/pdf5/21.pdf [in Ukrainian].

2. Zavadska O., Bondareva L. (2022). Influence of storage methods on t he quality of corn grain of different hybrids. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, *1*(22-01), 72–76. https://doi.org/10.30890/2567-5273.2022-22-01-024 [in English].

3. Stadnyk I. (2016). Zberihannia zerna u skhovyshchi. [Grain storage in a warehouse]. *Propozytsiia.* No. 11. P. 174–177. https://propozitsiya.com/articles/tekhnolohiyi-zberihannya-ta-pererobka/zberihan-nya-zer-na-u-skho-vyshchi [in Ukrainian].

4. Stankevych H. M., Zhelobkova M.V. (2015). Vplyv volohosti na pokaznyky yakosti zerna kukurudzy

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

pry zberihanni v polimernykh zernovykh rukavakh. [Influence of moisture content on corn grain quality indicators during storage in polymer grain bags]. *Zernovi produkty i kombikormy.* No. 3. P. 10–15. https://doi.org/10.15673/2313-478x.59/2015.51148 [in Ukrainian].

5. Zavadska O., Bondareva L. (2022). Dynamics of corn grain humidity depending on storage conditions. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, *1*(19-01), 99–103. https://doi.org/10.30890/2567-5273.2022-19-01-040 [in English].

6. Kyrpa M.Ya., Filipkova N.S. (2021). Vplyv sposobiv pisliazbyralnoi obrobky nasinnia hibrydiv kukurudzy na yoho yakist i dovhovichnist. [Effect of post-harvest processing methods on the quality and longevity of maize hybrid seeds]. *Selektsiia i nasinnytstvo.* No. 120. P. 70–78. https://doi.org/10.30835/2413-7510.2021.251039 [in Ukrainian].

7. Kyrpa M. Ya., Reva L. I., Stiurko M. O. (2012). Enerhozaoshchadzhuvalni sposoby sushinnia nasinnia kukurudzy. [Energy-saving methods for drying corn seeds]. *Biuleten Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarnoho universytetu*. No. 2. P. 77–80. http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/2341 [in Ukrainian].

8. Kyrpa M. Ya., Stasiv O.F., Bodenko N.A. (2020). Yakist nasinnia hibrydiv kukurudzy zalezhno vid yikh sposobiv zbyrannia ta sushinnia. [Seed quality of maize hybrids depending on harvesting and drying methods]. *Tavriiskyi naukovyti visnyk*. No. 116. Part 1. P. 98–104. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.12 [in Ukrainian].

9. Vitazek I., Havelka J., Pirsel M. (2024). Sorption isotherms of agricultural products. *Research in Agricultural Engeneering*. 60 (10). P. 52–56. https://doi.org/10.17221/35/2013-RAE [in English].

10. Zanko M. (2015). Ochyshchennia zerna yak odna iz peredumov yoho yakisnoho i dovhotryvaloho zberihannia. [Grain cleaning as one of the prerequisites for its high-quality and long-term storage]. *Propozytsiia.* No. 5. P. 110–113. https://propozitsiya.com/articles/tekhnolohiyi-zberihannya-ta-pererobka/ochyshchennya-zerna-yak-odna-iz-peredumov-yoho [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 03.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 712.4:712.25:502.131.1
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-24-29



І. А. Діденко
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
завідувач кафедри екології та ландшафтного дизайну,
Приватний вищий навчальний заклад «Європейський університет»
(м. Київ, Україна)
E-mail: ihor.didenko@e-u.edu.ua
orcid.org/0000-0002-8070-3501



О. А. Марченко
кандидат біологічних наук,
доцент кафедри екології та ландшафтного дизайну,
Приватний вищий навчальний заклад «Європейський університет»
(м. Київ, Україна)
E-mail: olha.marchenko@e-u.edu.ua
orcid.org/0000-0002-2419-4191



Б. О. Курчій
доктор біологічних наук,
доцент кафедри екології та ландшафтного дизайну,
Приватний вищий навчальний заклад «Європейський університет»
(м. Київ, Україна)
E-mail: bogdan.kurchii@e-u.edu.ua
orcid.org/0000-0002-1043-6014



А. Ю. Амбер
Phd,
доцент кафедри екології та ландшафтного дизайну,
Приватний вищий навчальний заклад «Європейський університет»
(м. Київ, Україна)
E-mail: arthur.amber@e-u.edu.ua
orcid.org/0009-0001-3924-0875



Т. С. Одерова
викладач кафедри екології та ландшафтного дизайну,
Приватний вищий навчальний заклад «Європейський університет»
(м. Київ, Україна)
E-mail: t.oderova@e-u.edu.ua
orcid.org/0009-0003-9444-7996

ЕКОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ПРИРОДНИХ ЛАНДШАФТІВ У СУЧАСНІЙ САДОВО-ПАРКОВІЙ АРХІТЕКТУРІ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ КОНЦЕПЦІЙ ТА ІНТЕГРОВАНА МОДЕЛЬ ЗАСТОСУВАННЯ

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Стаття присвячена систематизації та порівняльному аналізу провідних сучасних екологічних концепцій формування природних ландшафтів у садово-парковій архітектурі. На основі аналізу наукових публікацій 2020–2025 рр., індексованих у базах Scopus та Web of Science, міжнародних нормативних документів Європейської Комісії, IPCC, IUCN, UNEP та нормативно-правових актів України виявлено і охарактеризовано шість провідних концепцій: зелена інфраструктура (Green Infrastructure – GI), природоорієнтовані рішення (Nature-based Solutions – NbS), екосистемні послуги (Ecosystem Services – ES), біофільний дизайн (Biophilic Design – BD), кліматично адаптивна ландшафтна архітектура (Climate Adaptive Landscape Architecture – CALA) та екосистемний підхід (Ecosystem Approach – EA). Методологічну основу дослідження становлять системний, екосистемний та міждисциплінарний підходи. Для порівняльної оцінки концепцій застосовано метод експертного багатокритеріального аналізу (Multi-Criteria Decision Analysis – MCDA), адаптований на основі принципів комплексної геоекологічної оцінки ландшафтів. Оцінювання здійснювали за вісьмома критеріями: збереження біорізноманіття, екологічна зв'язність, управління водними ресурсами, кліматична адаптація, соціально-екологічний ефект, просторове планування, оцінювання екосистемних послуг та комплексність підходу. Результати порівняльного аналізу засвідчили, що найвищий інтегральний показник має Ecosystem Approach (35 балів із 40 можливих), який виступає методологічною платформою, що об'єднує решту концепцій. Green Infrastructure характеризується найвищими показниками за критеріями збереження біорізноманіття та просторового планування (по 5 балів), а NbS та CALA – за управлінням водними ресурсами та кліматичною адаптацією. Встановлено, що жодна з концепцій не забезпечує максимальну ефективність в ізольованому застосуванні, що обґрунтовує необхідність їх інтеграції. Наукова новизна дослідження полягає у розробці інтегрованої ієрархічної моделі взаємодії зазначених концепцій, яка дозволяє розглядати їх як взаємодоповнювальні компоненти єдиної системи екологічно орієнтованого проєктування природних ландшафтів міських і рекреаційних територій. Практичне значення роботи – у можливості використання запропонованої моделі при розробленні стратегій розвитку зеленої інфраструктури міст, проєктуванні парків, рекреаційних зон та екологічній реконструкції урбанізованих просторів в умовах кліматичних змін.
Ключові слова: *зелена інфраструктура, природоорієнтовані рішення, екосистемні послуги, біофільний дизайн, кліматична адаптація, садово-паркова архітектура.*

I. A. Didenko
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Ecology and Landscape Design,
European University (Kyiv, Ukraine)
E-mail: ihor.didenko@e-u.edu.ua
orcid.org/0000-0002-8070-3501
O. A. Marchenko
Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor at the Department of Ecology and Landscape Design,
European University (Kyiv, Ukraine)
E-mail: olha.marchenko@e-u.edu.ua
orcid.org/0000-0002-2419-4191
B. O. Kurchii
Doctor of Biological Sciences,
Associate Professor at the Department of Ecology and Landscape Design,
European University (Kyiv, Ukraine)
E-mail: bogdan.kurchii@e-u.edu.ua
orcid.org/0000-0002-1043-6014
A. Yu. Amber
PhD,
Associate Professor at the Department of Ecology and Landscape Design,
European University (Kyiv, Ukraine)
E-mail: arthur.amber@e-u.edu.ua
orcid.org/0009-0001-3924-0875
T. S. Oderova
Lecturer at the Department of Ecology and Landscape Design,
European University (Kyiv, Ukraine)
E-mail: t.oderova@e-u.edu.ua
orcid.org/0009-0003-9444-7996

ECOLOGICAL APPROACHES TO CREATING NATURAL LANDSCAPES IN CONTEMPORARY LANDSCAPE ARCHITECTURE: COMPARATIVE ANALYSIS OF CONCEPTS AND AN INTEGRATED APPLICATION MODEL

The article is devoted to the systematisation and comparative analysis of the leading contemporary ecological concepts of natural landscape formation in landscape architecture. Based on an analysis of scientific publications from 2020–2025 indexed in Scopus and Web of Science, international normative documents of the European Commission, IPCC, IUCN, UNEP, and Ukrainian legislation, six key concepts are identified and characterised: Green Infrastructure (GI), Nature-based Solutions (NbS), Ecosystem Services (ES), Biophilic Design (BD), Climate Adaptive Landscape Architecture (CALA), and Ecosystem Approach (EA). The methodological framework integrates systemic, ecosystem and interdisciplinary approaches. A Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) method, adapted from principles of comprehensive geo-ecological landscape assessment, is employed for the comparative evaluation of the concepts across eight criteria: biodiversity conservation, ecological connectivity, water resource management, climate adaptation, socio-ecological effect, spatial planning, ecosystem services assessment, and comprehensiveness of approach. Results demonstrate that the Ecosystem Approach achieved the highest integral score (35 out of 40), functioning as the overarching methodological platform. Green Infrastructure showed the highest scores for biodiversity conservation and spatial planning, while NbS and CALA excelled in water management and climate adaptation. It was established that none of the concepts ensures maximum effectiveness in isolation, justifying the need for their integration. The scientific novelty of the study lies in

the development of an integrated hierarchical model of interaction among the identified concepts, enabling their treatment as mutually complementary components of a unified system of ecologically oriented natural landscape design. The practical value of the study consists in the applicability of the proposed model to urban green infrastructure strategies, park design, recreational planning, and ecological reconstruction of urbanised areas under climate change.
Key words: *green infrastructure, nature-based solutions, ecosystem services, biophilic design, climate adaptation, landscape architecture.*

Постановка проблеми. Сучасний розвиток міст супроводжується посиленням антропогенного навантаження на природні екосистеми, фрагментацією зелених територій, погіршенням якості атмосферного повітря та зміною гідрологічного режиму. За даними Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (IPCC), до 2050 р. понад 68% світового населення проживатиме в урбанізованих районах, що зумовлює критичну потребу в екологізації міського простору [1]. Скорочення площ природних ландшафтів та втрата біорізноманіття призводять до зниження екологічної стійкості міського середовища та зменшення спектру екосистемних послуг, якими воно забезпечує населення.

Актуальність дослідження визначається необхідністю систематизації сучасних екологічних підходів у садово-парковій архітектурі та виявлення можливостей їх комплексного застосування. Незважаючи на наявність значної кількості досліджень, присвячених окремим концепціям – Green Infrastructure (GI), Nature-based Solutions (NbS), Ecosystem Services (ES), Biophilic Design (BD), Climate Adaptive Landscape Architecture (CALA) та Ecosystem Approach (EA) – питання їх системної інтеграції в єдину методологічну модель залишається недостатньо розробленим, що і визначає наукову прогалину, якій присвячена ця стаття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Концепція GI як стратегічної мережі природних та напівприродних територій була концептуалізована R. Lafortezza, M. Benedict та E. McMahon і надалі розвинена дослідниками I. C. Mell, A. Andersson і D. Hansen у контексті збереження біорізноманіття та підвищення кліматичної стійкості міст [2, 15] обґрунтували зв'язок між плануванням GI та генерацією екосистемних послуг, тоді як N. Seddon et al. [5] дослідили роль багатофункціональних зелених просторів у підвищенні кліматичної резилієнтності.

Концепція ES, що базується на фундаментальних розробках X. Fang, J. Li наразі є предметом активних досліджень щодо методів картування, кількісної оцінки та монетизації вигод природних екосистем [3]. Raymond C. M. et al [8] здійснили огляд досягнень у дослідженні міських екосистемних послуг за останнє десятиліття.

NbS набула офіційного статусу завдяки підтримці Європейської Комісії та IUCN, які у 2024 р. оприлюднили оновлений Глобальний стандарт NbS. Систематичні огляди Kabisch et al. [4] та Castellar et al. [6, 7] підтверджують ефективність NbS у вирішенні проблем управління дощовими водами, ефекту міського теплового острова та відновлення деградованих ландшафтів.

У відповідь на глобальні кліматичні зміни розвивається CALA – інтегративний напрям, що поєднує принципи екологічного планування, управління водними ресурсами та NbS. Nesshöver C. et al. [9] систематизували інструменти CALA в умовах міського середовища, а Seddon N. et al. [10, 11] задокументували вигоди для здоров'я населення.

BD, що базується на гіпотезі біофілії E. Wilson та концептуальних розробках S. Kellert, дедалі частіше розглядається як складова комплексних стратегій сталого розвитку. Систематичні огляди засвідчують позитивний вплив природних елементів на психоемоційний стан, продуктивність та соціальне благополуччя міського населення [12].

Найбільш значущим синтетичним внеском є бібліометричний огляд X. Fang, J. Li та Q. Ma [3], у якому показано, що GI, NbS та ES мають спільну методологічну основу, проте відрізняються масштабом застосування та інструментами оцінювання ефективності.

Мета статті полягала у порівняльному аналізі провідних сучасних екологічних концепцій формування природних ландшафтів у садово-парковій архітектурі (GI, NbS, ES, BD, CALA, EA), визначення їх теоретичних засад і функціональних взаємозв'язків та розробка інтегрованої моделі їх застосування. Завдання дослідження: (1) охарактеризувати кожну з концепцій за уніфікованою системою критеріїв; (2) здійснити кількісне порівняння концепцій методом MCDA; (3) встановити ієрархічні та функціональні взаємозв'язки між концепціями; (4) обґрунтувати інтегровану модель їх спільного застосування у проєктуванні міських зелених просторів.

Матеріали та методи дослідження. Методологічну основу дослідження становлять системний, екосистемний та міждисциплінарний підходи. Інформаційну базу склали: наукові публікації 2020–2025 рр. у базах Scopus та Web of Science; нормативні документи ЄК, IPCC, IUCN, UNEP, OECD та Convention on Biological Diversity; законодавство України у сфері охорони довкілля та містобудування.

Для порівняльного аналізу концепцій застосовано метод MCDA, адаптований на основі принципів комплексної геоекологічної оцінки ландшафтів (П. Г. Шищенко, Г. І. Денисик, Л. Г. Руденко). Оцінювання проводили за вісьмома критеріями ефективності: збереження біорізноманіття (БР), екологічна зв'язність (ЕЗ), управління водними ресурсами (ВР), кліматична адаптація (КА), соціально-екологічний ефект (СЕ), просторове планування (ПП), оцінювання екосистемних послуг (ОЕП) та комплексність підходу (КП). Кожен критерій оцінювали за п'ятибальною шкалою (1 – мінімальний внесок концепції, 5 – максимальний). Інтегральний показник (Σ) визначали як адитивну суму балів за всіма критеріями.

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Вагові коефіцієнти критеріїв вважали рівними, оскільки дослідження має оглядовий характер і не прив'язане до конкретного об'єкта проєктування. Додатково використано: бібліографічний аналіз, контент-аналіз, порівняльний та системний аналіз, метод структурно-логічного моделювання.

Основні результати дослідження. ***Еволюція екологічних підходів у садово-парковій архітектурі.*** Аналіз наукової літератури засвідчив поступовий перехід від традиційного декоративного озеленення до комплексного екосистемного проєктування. Якщо наприкінці XX ст. головними критеріями проєктування садово-паркових об'єктів були композиційна виразність та рекреаційна функція, то сучасні підходи ґрунтуються на інтеграції природних процесів, підтриманні біорізноманіття та адаптації до зміни клімату. Публікації 2020–2025 рр. демонструють зростаючу орієнтацію на комплексне використання екологічних концепцій замість їх ізольованого застосування [13].

Характеристика сучасних екологічних концепцій. Green Infrastructure (GI) – стратегічна мережа природних та напівприродних елементів, що формує екологічний каркас міста. GI забезпечує просторову зв'язність екосистем, підтримує функціонування природних процесів та є основою для впровадження інших концепцій [14].

Nature-based Solutions (NbS) – природні або природоподібні заходи, спрямовані на вирішення конкретних екологічних, соціальних та кліматичних проблем. Ключові інструменти: зелені дахи, дощові сади, біоканави, ренатуралізація водотоків. NbS ефективні за управління поверхневим стоком, зниження ефекту міського теплового острова та відновлення деградованих ландшафтів.

Ecosystem Services (ES) – сукупність матеріальних, регулювальних, культурних та підтримувальних вигод, що їх природні екосистеми надають суспільству. ES виконують функцію методичної основи для оцінювання екологічної, соціальної та економічної ефективності зелених просторів і забезпечують кількісне обґрунтування інвестицій у GI та NbS.

Biophilic Design (BD) – підхід, що інтегрує природні елементи (рослинність, воду, природне освітлення, органічні форми та матеріали) в архітектурне і ландшафтне середовище з метою задоволення вродженої потреби людини у зв'язку з природою. BD акцентує на психоемоційному здоров'ї та соціальному добробуті користувачів [15].

Climate Adaptive Landscape Architecture (CALA) – напрям, що інтегрує принципи кліматичного прогнозування, управління водними ресурсами, розвитку GI та NbS з метою підвищення стійкості урбанізованих територій до екстремальних погодних явищ. CALA орієнтована на проєктування з урахуванням сценаріїв кліматичних змін [16].

Ecosystem Approach (EA) – методологічна платформа Конвенції ООН про біологічне різноманіття, що інтегрує управління природними та урбанізованими системами в єдиному контексті. EA охоплює всі рівні управління – від локального до регіонального – і є концептуальним «парасольковим» підходом щодо решти концепцій [17].

Аналіз матриці (табл. 1) свідчить, що найвищий інтегральний показник має EA (40 балів), яка отримала максимальну оцінку за всіма критеріями, виступаючи «парасольковим» підходом щодо решти концепцій. GI (36 балів) є лідером за критеріями БР, ЕЗ та ПП, що підтверджує її провідну роль у формуванні просторової структури міського екологічного каркасу. NbS та CALA (по 34 бали) демонструють найвищу ефективність за управлінням водними ресурсами та кліматичною адаптацією. ES (33 бали) забезпечує методичну базу оцінювання шляхом поєднання найвищих показників за БР та ОЕП, тоді як BD (21 бал) є найбільш спеціалізованою концепцією, орієнтованою переважно на соціально-екологічний ефект.

Встановлено, що жодна з концепцій не забезпечує максимальну ефективність в ізольованому застосуванні: коефіцієнт варіації балів за критеріями становить від 3,6% (EA) до 43,8% (BD), що свідчить про суттєву спеціалізацію та взаємодоповнювальний характер підходів. Це є кількісним обґрунтуванням необхідності їх інтеграції.

Інтегрована модель застосування екологічних концепцій. На основі проведеного аналізу запропоновано ієрархічну інтегровану модель взаємодії досліджуваних концепцій, у якій EA функціонує як методологічна платформа верхнього рівня, що визначає принципи цілісного управління. На другому рівні перебувають GI (формування просторової структури) та

Таблиця 1

Порівняльна матриця сучасних екологічних концепцій за ключовими критеріями ефективності (авторська MCDA-оцінка)

Концепція	БР	ЕЗ	ВР	КА	СЕ	ПП	ОЕП	КП	Σ
Green Infrastructure (GI)	5	5	4	5	4	5	4	4	36
Nature-based Solutions (NbS)	4	4	5	5	4	4	4	4	34
Ecosystem Services (ES)	5	4	4	4	5	3	5	3	33
Biophilic Design (BD)	2	2	2	3	5	2	2	3	21
Climate Adaptive LA (CALA)	4	4	5	5	4	4	4	4	34
Ecosystem Approach (EA)	5	5	5	5	5	5	5	5	40

Примітка. БР – збереження біорізноманіття; ЕЗ – екологічна зв'язність; ВР – управління водними ресурсами; КА – кліматична адаптація; СЕ – соціально-екологічний ефект; ПП – просторове планування; ОЕП – оцінювання екосистемних послуг; КП – комплексність підходу; Σ – інтегральна оцінка (max 40). П'ятибальна шкала: 1 – мінімальний внесок, 5 – максимальний. Джерело: авторська розробка на основі MCDA.

ES (методична база оцінювання). Третій рівень утворюють інструментальні концепції – NbS (тактичні заходи адаптації), CALA (кліматична відповідь) та BD (антропоцентричний вимір). Між рівнями існують двосторонні зв'язки: результати ES слугують обґрунтуванням для впровадження GI та NbS, тоді як дані кліматичного моделювання у рамках CALA визначають вибір конкретних NbS-заходів.

Запропонована модель передбачає три ключових напрями інтеграції: (1) планувальний – EA + GI забезпечують формування цілісного екологічного каркасу на рівні генерального плану; (2) інструментальний – NbS + CALA реалізують конкретні заходи адаптації на рівні окремих об'єктів; (3) оцінювально-проєктний – ES + BD забезпечують кількісне та якісне обґрунтування проєктних рішень через оцінювання економічного та психоемоційного ефекту.

Отримані результати розширюють висновки Fang et al. [3], які зосередилися на тріаді GI–NbS–ES, шляхом включення до єдиної моделі BD та CALA. Це дозволяє повніше охарактеризувати методологічну основу формування природних ландшафтів. Водночас результати узгоджуються з висновками Frantzeskaki [5] про необхідність поліконцептуального підходу до планування NbS у містах.

Запропонована MCDA-методика вперше застосована для систематичного порівняння шести провідних концепцій у сфері ландшафтної архітектури, що є відмінністю від більшості існуючих оглядів, які розглядають концепції ізольовано або в парних порівняннях. Обмеженням роботи є рівновага вагових коефіцієнтів критеріїв, що може не відповідати конкретним умовам реального проєкту. Перспективою є розробка диференційованих вагових систем для різних типів об'єктів: міських парків, рекреаційних зон, прибережних ландшафтів тощо.

Практичне значення дослідження полягає у можливості використання запропонованої моделі при розробленні стратегій зеленої інфраструктури міст, проєктуванні парків і рекреаційних зон в Україні, зокрема в контексті реалізації Концепції розвитку зеленої інфраструктури населених пунктів [16] та Стратегії екологічної безпеки і адаптації до зміни клімату до 2035 р.

Висновки.

1. Виявлено та охарактеризовано шість провідних сучасних екологічних концепцій формування природних ландшафтів у садово-парковій архітектурі (GI, NbS, ES, BD, CALA, EA), що відрізняються за цілями, масштабом реалізації та інструментами, проте мають спільну стратегічну спрямованість – забезпечення екологічної, соціальної та кліматичної стійкості урбанізованих територій.

2. За результатами MCDA-оцінювання встановлено, що EA (40 балів) виступає методологічною платформою вищого рівня, GI (36 балів) – провідним інструментом просторового планування, тоді як NbS та CALA (по 34 бали) є найбільш ефективними в кліматичній адаптації та управлінні водними ресурсами. BD характеризується найвищою спеціалізацією (21 бал), орієнтованою на соціально-екологічний вимір.

3. Встановлено взаємодоповнювальний характер досліджуваних концепцій: жодна з них не забезпечує максимальну ефективність в ізольованому застосуванні, що обґрунтовує необхідність їх інтеграції.

4. Розроблено трирівневу ієрархічну інтегровану модель (EA→GI/ES→NbS/CALA/BD) як концептуальну основу комплексного екологічно орієнтованого проєктування природних ландшафтів міських та рекреаційних територій.

Перспективами подальших досліджень є: апробація запропонованої моделі на конкретних проєктах міських парків та рекреаційних зон; розробка диференційованих вагових систем критеріїв MCDA для різних типів ландшафтних об'єктів; дослідження механізмів імплементації інтегрованої моделі в умовах нормативно-правового поля України.

Подяки. Дане дослідження виконувалося у 2025–2026 роках відповідно до загальноуніверситетської наукової тематики ПВНЗ «Європейський університет» «Управління фінансово-економічним розвитком в умовах інформаційних трансформацій» (0120U105397).

Фінансування дослідження. Автори заявляють, що дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Відсутній.

Авторський внесок.

Діденко І. А.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; аналіз даних; забезпечення ресурсами та обладнанням; управління даними; адміністрування процесу; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування.

Марченко О. А.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування; графічне представлення результатів.

Курчій Б. О.: підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування.

Амбер А. Ю.: визначення концепції дослідження; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування.

Одерова Т. С.: визначення концепції дослідження; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ-асистовані технології не використовувалися.

References

1. IPCC. (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC. https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

2. Lafortezza, R., Chen, J., van den Bosch, C.K., Randrup, T.B. (2018). Nature-based solutions for resilient landscapes and cities. *Environmental Research*, 165, pp. 431–441. https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.11.038.

3. Fang, X., Li, J., Ma, Q. (2023). Integrating green infrastructure, ecosystem services and nature-based solutions for urban sustainability: A comprehensive literature review. *Sustainable Cities and Society*, 98, Article 104843. https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104843.

4. Kabisch, N., Frantzeskaki, N., Hansen, R. (2022). Principles for urban nature-based solutions. *Ambio*, 51, pp. 1388–1401. https://doi.org/10.1007/s13280-021-01685-w.

5. Frantzeskaki, N. (2019). Seven lessons for planning nature-based solutions in cities. *Environmental Science & Policy*, 93, pp. 101–111. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.12.033.

6. Castellar, J.A.C., Popartan, L.A., Pueyo-Ros, J., Atanasova, N., Langergraber, G., Säumel, I., Corominas, L., Comas, J., Acuña, V. (2021). Nature-based solutions in the urban context: Terminology, classification and scoring for urban challenges and ecosystem services. *Science of the Total Environment*, 779, Article 146237. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146237.

7. IUCN. (2020). IUCN Global Standard for Nature-based Solutions: A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS. First edition. Gland, Switzerland: IUCN. https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.08.en.

8. Raymond, C.M., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., Berry, P., Breil, M., Nita, M.R., Geneletti, D., Calfapietra, C. (2017). A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science & Policy*, 77, pp. 15–24. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.008.

9. Nesshöver, C., Assmuth, T., Irvine, K.N., Rusch, G.M., Waylen, K.A., Delbaere, B., Haase, D., Jones-Walters, L., Keune, H., Kovacs, E., Krauze, K., Külvik, M., Rey, F., van Dijk, J., Vistad, O.I., Wilkinson, M.E., Wittmer, H. (2017). The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. *Science of the Total Environment*, 579, pp. 1215–1227. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.106.

10. Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C.A.J., Smith, A., Turner, B. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 375, Article 20190120. https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0120.

11. Seddon, N., Smith, A., Smith, P., Key, I., Chausson, A., Girardin, C., House, J., Srivastava, S., Turner, B. (2021). Getting the message right on nature-based solutions to climate change. *Global Change Biology*, 27, pp. 1518–1546. https://doi.org/10.1111/gcb.15513.

12. Keeler, B.L., Hamel, P., McPhearson, T., Hamann, M.H., Donahue, M.L., Meza Prado, K.A., Arkema, K.K., Bratman, G.N., Brauman, K.A., Finlay, J.C., Guerry, A.D., Hobbie, S.E., Johnson, J.A., MacDonald, G.K., McDonald, R.I., Neverisky, N., Wood, S.A. (2019). Social-ecological and technological factors moderate the value of urban nature. *Nature Sustainability*, 2, pp. 29–38. https://doi.org/10.1038/s41893-018-0202-1.

13. Haase, D., Larondelle, N., Andersson, E., Artmann, M., Borgström, S., Breuste, J., Gomez-Baggethun, E., Gren, Å., Hamstead, Z., Hansen, R., Kabisch, N., Kremer, P., Langemeyer, J., Rall, E.L., McPhearson, T., Pauleit, S., Qureshi, S., Schwarz, N., Voigt, A., Wurster, D., Elmqvist, T. (2014). A quantitative review of urban ecosystem service assessments: Concepts, models, and implementation. *Ambio*, 43, pp. 413–433. https://doi.org/10.1007/s13280-014-0504-0.

14. Elmqvist, T., Setälä, H., Handel, S.N., van der Ploeg, S., Aronson, J., Blignaut, J.N., Gómez-Baggethun, E., Nowak, D.J., Kronenberg, J., de Groot, R. (2015). Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, pp. 101–108. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.05.001.

15. Hansen, R., Pauleit, S. (2014). From multifunctionality to multiple ecosystem services? A conceptual framework for multifunctionality in green infrastructure planning for urban areas. *Ambio*, 43, pp. 516–529. https://doi.org/10.1007/s13280-014-0510-2.

16. Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemelä, J., James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using green infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81, pp. 167–178. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001.

17. Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, O., Olazabal, E., Geneletti, D., Orru, H., Bhave, A.G., Mittal, N., Feliu, E., Faehnle, M. (2014). Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of Environmental Management*, 146, pp. 107–115. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.025.

Дата першого надходження статті до видання: 15.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії
відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 633.11:631.52:575.22
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-30-35



І. П. Діордієва
доктор сільськогосподарських наук, професор,
доцент кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: diordieva201443@gmail.com
orcid.org/0000-0002-8534-5838

Л. В. Прокопчук
аспірант кафедри генетики,
селекції рослин та біотехнології,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: plv09071997@gmail.com
orcid.org/0009-0005-0934-2239



АНАЛІЗ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА МІЖВИДОВОЇ ГІБРИДИЗАЦІЇ

Наведено результати порівняльного аналізу зразків пшениці м'якої озимої, створених за участю видів Triticum Durum Desf., Triticum sphaerococcum Perciv., Triticum compactum Host. за рівнем прояву господарсько-цінних ознак, що дало змогу виділити цінні генотипи для їх залучення до системи гібридизації і створення високопродуктивних сортів пшениці. Методика досліджень. Об'єктом досліджень були 14 зразків пшениці м'якої озимої, створені за міжвидової гібридизації, що апробували впродовж 2024–2026 рр. на дослідних ділянках кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського національного університету. У дослідженнях застосовували польовий, лабораторний і математично-статистичний методи. Результати. Встановлено, що найвищий рівень прояву господарсько-цінних показників і якісних характеристик бук у зразків, створених за участю виду Triticum Durum Desf. Позитивною характеристикою зразків, отриманих за участю видів Triticum sphaerococcum Perciv. і Triticum compactum Host. була низькорослість (висота рослин в межах 85–95 см), а в зразків отриманих за участю пшениці компактної – збільшення щільності колосу до 25,1 шт/10 см колосового стрижня. У результаті проведених досліджень виділено перспективні зразки, що можуть слугувати джерелами цінних ознак для селекційно-генетичного вдосконалення пшениці: зразок 187 (Фаворитка × Triticum Durum Desf.), що характеризується високою врожайністю (6,51 т/га) масою зерна з колосу (1,31 г), низькорослістю (висота рослин 90 см) вмістом в зерні білка (14,7%), клейковини (31,2%); зразок 162 (Панна × Triticum sphaerococcum Perciv.), що характеризується низькорослістю (85 см) та вмістом в зерні білка – 14,5%; зразки 188 і 192 (Фаворитка, Смуглянка × Triticum Durum Desf.) з високими показниками якості зерна, зокрема, вмістом в зерні білка – 15,2–15,4%, клейковини – 33,8–34,1%, силою борошна – 340–350 о. а., склоподібністю 82–85%.

Ключові слова: *міжвидова гібридизація, Triticum Durum Desf., Triticum sphaerococcum Perciv., Triticum compactum Host., якість зерна, врожайність.*

I. P. Diordieva
Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Associate Professor at the Department of Genetics, Plant Breeding and Biotechnology,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: diordieva201443@gmail.com
orcid.org/0000-0002-8534-5838

L. V. Prokopchuk
Postgraduate student at the Department of Genetics, Plant Breeding and Biotechnology,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: plv09071997@gmail.com
orcid.org/0009-0005-0934-2239

ANALISYS OF INITIAL MATERIAL OF WINTER BREAD WHEAT THROUGH INTERSPECIFIC HYBRIDIZATION

The paper presents the results of a comparative analysis of winter bread wheat samples developed with the involvement of Triticum durum Desf., Triticum sphaerococcum Perciv., and Triticum compactum Host. based on the expression of economically valuable traits. This enabled the identification of valuable genotypes for their further use in hybridization programs aimed at

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

developing high-yielding wheat varieties. Research methodology. The study involved 14 winter bread wheat samples developed through interspecific hybridization and tested during 2024–2026 at the experimental plots of the Department of Genetics, Plant Breeding and Biotechnology of Uman National University. Field, laboratory, and mathematical-statistical methods were used in the study. Results. The highest levels of economically valuable traits and grain quality characteristics were observed in the samples developed with the involvement of Triticum durum Desf. A positive characteristic of the samples obtained with the involvement of Triticum sphaerococcum Perciv. and Triticum compactum Host. was their short stature, with plant height ranging from 85 to 95 cm. The samples obtained with the involvement of Triticum compactum Host. were also characterized by increased spike density, reaching 25.1 spikelets per 10 cm of the rachis. The study identified promising samples that can serve as sources of valuable traits for the breeding and genetic improvement of wheat. Sample 187 (Favorytka × Triticum durum Desf.) was characterized by high grain yield (6.51 t/ha), grain weight per spike (1.31 g), short stature (plant height of 90 cm), and high grain protein (14.7%) and gluten (31.2%) contents. Sample 162 (Panna × Triticum sphaerococcum Perciv.) was characterized by short stature (85 cm) and a high grain protein content (14.5%). Samples 188 and 192 (Favorytka and Smuhlianka × Triticum durum Desf., respectively) demonstrated high grain quality parameters, including protein content of 15.2–15.4%, gluten content of 33.8–34.1%, flour strength of 340–350 alveograph units, and vitreousness of 82–85%.
Key words: *interspecific hybridization, Triticum durum Desf., Triticum sphaerococcum Perciv., Triticum compactum Host., grain quality, yield.*

Постановка проблеми. Інтенсивна селекція пшениці м'якої озимої на підвищення врожайності спричинила значне збіднення її генофонду, що зумовило необхідність пошуку вихідного матеріалу з комплексом господарсько-цінних ознак для залучення в селекційний процес. Міжвидова гібридизація обумовлює широкий формоутворювальний процес в гібридних поколіннях, що дає змогу отримати цінний вихідний матеріал для селекції на високу врожайність, якість зерна, морозостійкість, стійкість проти фітопатогенів тощо. Залучення до системи гібридизації генетичного різноманіття роду *Triticum* L. розширює спектр мінливості та сприяє збагаченню генофонду пшениці окремими цінними генами або їх комплексом від споріднених форм.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасна селекція спрямована на створення високопродуктивних сортів пшениці з високою якістю зерна. Внутрішньовидовою гібридизацією вдалося істотно збільшити потенційну врожайність культури, проте цей метод селекції малоефективний для поліпшення показників якості зерна [1–3].

Потужним інструментом розширення генетичної мінливості пшениці за показниками якості зерна пшениці є міжвидова і міжродова гібридизація. У складі генетичного різноманіття роду *Triticum* L. є види, що характеризуються високими показниками якості зерна, відмінними хлібопекарськими та технологічними властивостями, низькорослістю, компактністю колосу тощо [4–6]. Їх використання у схрещуваннях із *Triticum aestivum* L. створює передумови для поєднання в одному генотипі високої продуктивності сучасних сортів пшениці м'якої озимої з цінними ознаками споріднених видів [5, 6].

Пшениця тверда (*Triticum Durum* Desf.) – тетраплоїдний (2n = 4x = 28) вид пшениці, що широко використовується в хлібопекарській, круп'яній, кондитерській галузях харчової промисловості [7, 8]. Вид характеризується високою стійкістю до хвороб і шкідників, осипання, посухи, вилягання, вмістом в зерні білка до 20%, клейковини – до 40% [8]. Гібридизація пшениці твердої з м'якою – процес складний, внаслідок дисбалансу геномного і хромосомного складів [9]. Проте, вона є ефективним інструментом створення нової генетичної мінливості та перспективного вихідного матеріалу, зокрема, ліній із підвищеною продуктивністю, масою 1000 зерен, умістом білка, седиментацією та покращеними хлібопекарськими властивостями [7, 10].

Пшениця шарозерна (*Triticum sphaerococcum* Perciv.) – давній гексаплоїдний (2n = 6x = 42) вид пшениці з ідентичним пшениці м'якій геномним складом (BBA^{u}A^{u}DD) [11, 12]. Характерними особливостями виду є округла, майже сферична зернівка, своєрідна архітектоніка рослин, що проявляється формуванням коротких листових пластинок (15–20 см завдовжки), які відносно стебла розміщуються еректоїдно, низькорослість (висота рослин близько 70 см) [12–14]. Зерно шарозерної пшениці високоскловидне з відмінними технологічними властивостями, вмістом білка до 21%. Використання цього виду в системі гібридизації з пшеницею м'якою – перспективний напрямок селекції на якість зерна, оскільки за міжвидової гібридизації успадковується високий вміст білка. Зокрема, за гібридизації пшениці м'якої із шарозерною отримано лінії м'якої пшениці з вмістом білка в зерні 17% [13, 14]. А за схрещування гексплоїдного тритикале з *Triticum spaerococcum* Persiv. отримано шарозерне тритикале з вмістом білка в зерні біля 16% [14].

Пшениця компактна або карликова (*Triticum compactum* Host.) – давній гексаплоїдний виді пшениці, генетично близький до пшениці м'якої, тому їх гібридизації вдається легко. Вид характеризується наявністю короткого, надщільного колосу, компактною формою куща, невеликими розмірами рослин [7, 15]. Залучення пшениці компактної до гібридизації з пшеницею м'якою дає змогу отримати нащадки з цінними генними блоками, що контролюють стійкість до стресових чинників довкілля, висоту рослин і стійкість до вилягання [15, 16]. Подальша гібридизація отриманих нащадків із районованими сортами забезпечує широкий формоутворювальний процес і дозволяє відібрати цінні генотипи для селекційного процесу.

Отже, видове різноманіття роду *Triticum* L. є невичерпним джерелом генетичної мінливості та цінного вихідного матеріалу для створення нових сортів і форм пшениці з підвищеною продуктивністю, якістю зерна, стійкістю до абіотичних і біотичних стресів та іншими господарсько-цінними ознаками. В Уманському національному університеті проведено гібридизацію пшениці м'якої з видами *Triticum Durum* Desf., *Triticum sphaerococcum* Perciv., *Triticum compactum* Host., в результаті чого створено низку нових зразків з унікальним поєднанням цінних господарських і селекційних ознак. **Метою** досліджень полягала в аналізі створених зразків за показниками продуктивності для виділення цінних генотипів їх залучення до системи гібридизації і створення високопродуктивних сортів пшениці.

Методика досліджень. Дослідження проведено в умовах Правобережного Лісостепу України, на дослідних ділянках кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського національного університету впродовж 2024–2026 рр. Об'єктом досліджень були 14 зразків пшениці м'якої озимої, які створено за міжвидової гібридизації високопродуктивних районованих сортів пшениці м'якої озимої (Фаворитка, Смуглянка, Богдана, Подолянка, Золотоколоса, Лісова пісня, Панна) з видами пшениці *Triticum sphaerococcum* L. (сорт Шарада), *Triticum Durum* Desf. (сорти Шулиндінка, Аргонавт) і *Triticum compactum* Host., (рис. 1).

Погодні умови в період проведення досліджень характеризувались контрастністю за температурним режимом і рівнем вологозабезпечення. Впродовж 2023–2024 с.–г. рік фіксували недобір опадів (-98,2 мм до норми) та підвищену середньорічну температуру повітря (11,8 ^{0}C); 2024–2025 с.–г. рік за кількістю опадів (565,2 мм) наближався до середньобагаторічної норми, проте фіксували їх нерівномірний розподіл впродовж вегетаційного періоду, що негативно вплинуло на врожайність; впродовж 2025–2026 с.–г. року фіксували оптимальні погодні умови, що наближалися до середньобагаторічної норми.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу в орному шарі – 5,3%, середньокислою реакцією ґрунтового розчину (pH_{KCl} = 6,0), гідролітичною кислотністю – 1,13 смоль/кг, вмістом азоту нітратного – 6,2 мг/кг, легкогідролізованого – 95 мг/кг, рухомих сполук фосфору і калію (за Кірсановим) 122 мг/кг і 135 мг/кг відповідно.

Сівбу проводили в оптимальні для регіону строки – третя декада вересня. Досліджувані зразки висівали вручну з нормою висіву 4,5 млн. шт/га насінин за систематичного методу розміщення ділянок. Досліджувані зразки розташовували блоками, де кожним п'ятим номером висівали стандарт. Площа облікової ділянки 5 м^2. Повторність досліду – чотириразова. Всі обліки і спостереження проводили згідно Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва [17] та Методики проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні [18].

Для визначення біометричних показників відбирали 50 рослин з двох несуміжних повторень кожної ділянки. За висотою рослин зразки пшениці ранжували за А. П. Орлюком зі співавторами [19]. Показники якості зерна визначали методом інфрачервоної спектроскопії за використання Infratec™ Nova. Зразки пшениці класифікували за силою борошна на: відмінні поліпшувачі > 500 одиниць альвеографа (о. а.); добрі поліпшувачі – 400–500 о. а.;

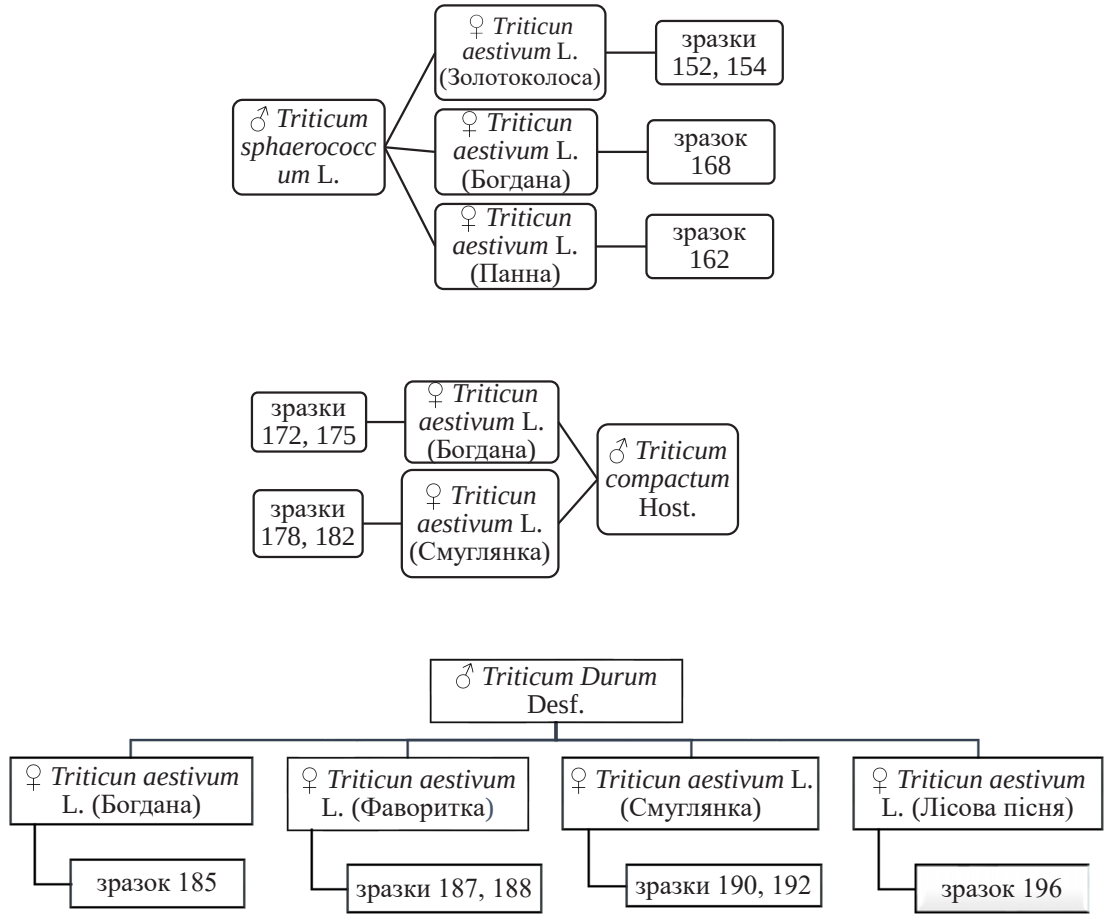


Рис. 1. Походження зразків пшениці м'якої озимої

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

задовільні поліпшувачі – 280–400 о. а.; цінні пшениці – 260–280 о. а.; добрі філери 240–260 о. а.; задовільні філери – 180–240 о. а.; слабкі пшениці < 180 о. а; за твердістю зерна на: твердозерні > 60 одиниць приладу (о. п.); середньом'якозерні – 55–60 о. п.; м'якозерні < 55 о. п. Після обліків та вимірювань зерно обмолочували і визначали врожайність. Досліджувані зразки порівнювали із груповим стандартом – сортами пшениці м'якої озимої Подолянка, Богдана, Фаворитка.

Результати досліджень аналізували статистично методом однофакторного дисперсійного аналізу за використання програми Statistica 12. Результати наведено як середнє арифметичне чотирьох повторностей ± стандартне відхилення. Статистичну значущість відмінностей між зразками визначали за критерієм Тьюкі ($P < 0,05$).

Основні результати дослідження. Аналіз господарсько-цінних ознак зразків пшениці м'якої озимої засвідчив істотні відмінності за їх рівнем прояву залежно від компонентів схрещування. Зразки, отримані за участю виду *Triticum Durum* Desf. були низькорослими (висота рослин в межах 85–102 см), характеризувалися колосом середньої довжини (10,2–11,2 см) і щільності (21,1–22,4 шт/10 см) та врожайність на рівні групового стандарту (6,18–6,51 т/га) (табл. 1).

У зразків, отриманих за участю *Triticum compactum* Host., чітко проявилися характерні особливості компактного морфотипу, зокрема, короткий колос завдовжки 6,5–7,0 см з підвищеною щільністю (23,9–25,1 шт./10 см колосового стрижня). Водночас, формування компактного, ущільненого колосу супроводжується зменшенням розміру зернівок, внаслідок чого маса зерна з колосу становила лише 0,95–1,02 г. Їх позитивною характеристикою була низькорослість (висота рослин в межах 85–95 см) і збільшення щільності колосу (до 25,1 шт/10 см колосового стрижня). Проте, за іншими господарсько-цінними показниками вони істотно поступалися груповому стандарту. На відміну від сучасних сортів пшениці м'якої озимої, які створені внаслідок тривалого цілеспрямованого добору за комплексом ознак продуктивності та адаптивності, цей вид залучалися до гібридизації передусім джерелом окремих господарсько-цінних ознак.

Зразки, створені за участю *Triticum sphaerococcum* Perciv., також характеризувалися нижчими показниками продуктивності. Для них властивими були коротший колос (8,5–9,1 см), менша його щільність (17,5–18,9 шт/10 см) і маса зерна з колосу (1,05–1,12 г), що зумовило зниження врожайності до 5,35–5,58 т/га.

Встановлено істотну варіабельність зразків за показниками якості зерна, залежно від виду пшениці, залученого до гібридизації. Найвищим рівнем прояву показників якості зерна характеризувалися зразки, отримані за участю виду *Triticum durum* Desf. Позитивно вирізнялися зразки 192, 188 та 196, у яких поєднувалися висока сила борошна (320–350 о. а.), твердість зерна (60,1–62,2 о. п.), склоподібність (80–85%), підвищений вміст білка (14,9–15,4%) та клейковини (33,7–34,1%) (табл. 2). Зразки, отримані за участю видів *Triticum sphaerococcum* Perciv. характеризувалися вмістом білка в зерні на рівні

Таблиця 1

Господарсько-цінні показники зразків пшениці м'якої озимої, 2024–2026 рр.

Селекційний матеріал	Висота рослин, см	Довжина колосу, см	Щільність колосу, шт/10 см	Маса зерна з колосу, г	Врожайність, т/га
Груповий стандарт*	**91±4,3^{c}**	**10,3±0,44^{c}**	**21,2±0,86^{d}**	**1,28±0,068^{a}**	**6,28±0,288^{a}**
Зразки, отримані за участю виду *Triticum Durum* Desf.					
185	95±4,1^{b}	10,8±0,42^{b}	21,5±0,82^{d}	1,25±0,061^{a}	6,18±0,275^{a}
187	90±4,0^{c}	10,5±0,44^{bc}	22,1±0,84^{c}	1,31±0,072^{a}	6,51±0,292^{a}
188	98±4,5^{ab}	11,1±0,48^{a}	21,8±0,84^{c}	1,21±0,064^{b}	6,24±0,285^{a}
190	85±3,7^{e}	10,2±0,41^{c}	21,1±0,81^{d}	1,18±0,059^{b}	6,15±0,274^{a}
192	88±3,8^{d}	10,8±0,46^{b}	22,1±0,78^{c}	1,28±0,072^{a}	6,31±0,291^{a}
196	102±4,5^{a}	11,2±0,49^{a}	22,4±0,77^{c}	1,32±0,073^{a}	6,35±0,284^{a}
Зразки, отримані за участю виду *Triticum sphaerococcum* Perciv.					
152	87±3,5^{d}	8,5±0,38^{e}	17,8±0,65^{f}	1,12±0,065^{c}	5,56±0,272^{b}
154	90±3,7^{c}	8,8±0,36^{d}	18,1±0,72^{f}	1,08±0,061^{c}	5,35±0,255^{b}
168	92±3,6^{bc}	8,5±0,34^{e}	17,5±0,68^{f}	1,11±0,063^{c}	5,58±0,264^{b}
162	85±3,1^{e}	9,1±0,42^{d}	18,9±0,75^{e}	1,05±0,058^{d}	5,51±0,267^{b}
Зразки, отримані за участю виду *Triticum compactum* Host.					
172	85±3,1^{e}	6,5±0,31^{g}	24,2±0,89^{b}	1,02±0,052^{d}	4,68±0,225^{c}
175	88±3,5^{d}	6,8±0,28^{f}	25,1±0,91^{a}	0,98±0,048^{de}	4,55±0,224^{c}
178	95±3,6^{b}	7,0±0,34^{f}	23,9±0,88^{b}	0,95±0,047^{e}	4,61±0,228^{c}
182	92±3,5^{bc}	6,6±0,29^{g}	24,5±0,89^{b}	0,95±0,045^{e}	4,55±0,231^{c}
Середнє	92±4,2	9,6±0,32	22,1±0,84	1,12±0,057	5,35±0,248
SE	1,86	0,20	0,32	0,02	0,09
CV,%	9,62	10,67	10,25	9,72	11,58

*Примітка. * – груповий стандарт – сорти пшениці м'якої озимої Подолянка, Богдана, Фаворитка; різні літери вказують на статистично значущі відмінності в межах стовпця за критерієм Тьюкі ($P < 0,05$).*

Таблиця 2

Показники якості зерна зразків пшениці м'якої озимої, 2024–2026 рр.

Селекційний матеріал	Сила борошна, о. а.	Твердість зерна, о. п.	Склоподібність, %	Вміст, %	
				білка	клейковини
Груповий стандарт*	**300±9,1^{b}**	**53,1±1,25^{d}**	**68±1,8^{c}**	**13,6±0,71^{c}**	**30,6±1,15**
Зразки, отримані за участю виду *Triticum Durum* Desf.					
185	325±9,5^{a}	58,2±1,48^{b}	75±1,9^{b}	14,8±0,82^{ab}	31,5±1,22^{b}
187	315±9,2^{ab}	59,4±1,52^{b}	78±1,9^{b}	14,7±0,79^{ab}	31,2±1,18^{b}
188	340±9,8^{a}	60,1±1,55^{ab}	82±2,0^{a}	15,2±0,82^{a}	33,8±1,25^{a}
190	300±9,1^{b}	56,2±1,38^{c}	70±1,7^{c}	14,2±0,75^{b}	31,2±1,15^{b}
192	350±9,5^{a}	62,2±1,58^{a}	85±1,8^{a}	15,4±0,81^{a}	34,1±1,28^{a}
196	320±9,1^{a}	61,8±1,51^{a}	80±1,9^{a}	14,9±0,78^{ab}	33,7±1,24^{ab}
Зразки, отримані за участю виду *Triticum sphaerococcum* Perciv.					
152	300±8,5^{b}	58,8±1,32^{b}	78±1,8^{b}	14,8±0,71^{ab}	31,8±1,12^{b}
154	305±8,7^{b}	57,8±1,28^{bc}	75±1,7^{b}	14,5±0,68^{b}	31,5±1,11^{b}
168	300±8,2^{b}	58,7±1,22^{b}	72±1,3^{bc}	14,4±0,71^{b}	31,2±1,08^{b}
162	310±8,4^{ab}	58,6±1,33^{b}	78±1,9^{b}	14,5±0,74^{b}	33,8±1,12^{a}
Зразки, отримані за участю виду *Triticum compactum* Host.					
172	245±7,5^{d}	48,8±1,18^{f}	58±1,6^{e}	12,8±0,65^{d}	25,8±1,05^{e}
175	250±7,7^{d}	47,1±1,15^{f}	55±1,6^{e}	12,6±0,62^{d}	25,4±1,05^{e}
178	260±7,8^{c}	49,8±1,22^{e}	60±1,7^{de}	13,1±0,68^{c}	27,7±1,09^{d}
182	265±8,0^{c}	50,2±1,28^{e}	62±1,7^{d}	13,2±0,65^{c}	28,1±1,11^{c}
Середнє	292±8,5	54,3±1,32	69±1,7	13,9±0,68	29,7±1,13
SE	7,13	0,65	0,87	0,17	0,36
CV,%	11,28	9,10	13,29	6,36	9,68

*Примітка. * – груповий стандарт – сорти пшениці м'якої озимої Подолянка, Богдана, Фаворитка; різні літери вказують на статистично значущі відмінності в межах стовпця за критерієм Тьюкі (P < 0,05).*

14,4–14,8%, клейковини – 31,2–33,8%, склоподібністю – 72–78%, силою борошна – 300–310 о. а. Зразки, отримані за участю виду *Triticum compactum* Host. істотно поступалися груповому стандарту за показниками якості зерна.

Встановлено, що за силою борошна всі зразки, отримані за участю видів *Triticum Durum* Desf. і *Triticum sphaerococcum* Perciv. – задовільні поліпшувачі, а зразки, отримані за участю виду *Triticum compactum* Host. – цінні пшениці. За твердістю зерна зразки 188, 192 і 196 ідентифіковано твердозерними, зразки 185, 187 і 190 – напівм'якозерними, інші – м'якозерними.

Висновки. Міжвидова гібридизація пшениці м'якої озимої із видами роду *Triticum* L. є ефективним інструментом розширення генетичного різноманіття, що дає змогу створити і виділити цінні генотипи із комплексом господарсько-цінних ознак.

Виділено перспективні зразки, що можуть слугувати джерелами цінних ознак для селекційно-генетичного вдосконалення пшениці:

– зразок 187 (Фаворитка × *Triticum Durum* Desf.), що характеризується високою врожайністю (6,51 т/га) масою зерна з колосу (1,31 г), низькорослістю (висота рослин 90 см) вмістом в зерні білка (14,7%), клейковини (31,2%);

– зразок 162 (Панна × *Triticum sphaerococcum* Perciv.), що характеризується низькорослістю (85 см), вмістом в зерні білка – 14,5%, клейковини – 33,8%, силою борошна – 310 о. а., склоподібністю – 78%;

– зразки 188 і 192 (Фаворитка, Смуглянка × *Triticum Durum* Desf.) з високими показниками якості зерна, зокрема, вмістом в зерні білка – 15,2–15,4%, клейковини – 33,8–34,1%, силою борошна – 340–350 о. а., склоподібністю 82–85%.

Фінансування дослідження. Автори констатують, що дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Діордієва І. П. є членом редакційної колегії журналу. Для забезпечення незалежності редакційного процесу рукопис розглядався редактором, який не мав конфлікту інтересів з автором. Автор не брав участі у відборі рецензентів, процесі рецензування та прийнятті рішення щодо публікації статті. Рукопис пройшов стандартну процедуру подвійного сліпого рецензування.

Авторський внесок.

Діордієва І. П.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; забезпечення ресурсами та обладнанням; підготовка рукопису – перегляд і редагування; наукове керівництво; адміністрування процесу.

Прокопчук Л. В.: визначення концепції дослідження; валідація відтворюваності результатів; проведення експерименту; аналіз даних; управління даними; підготовка рукопису – первинний текст; статистичне представлення результатів.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ-асистовані технології не використовувалися.

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

References

1. Motsnyi, I.I., Narhan, T.P., Nakonechnyi, M.Yu., Lifenko, S.P., Molodchenkova, O.O., & Mishchenko, L.T. (2021). Riznomanittia pokhidnykh viddalenoi hibrydyzatsii ozymoi pshenytsi za stiikistiu do khvorob ta inshymy chuzhynnymy oznakamy [Diversity of wide hybridization derivatives of winter wheat for resistance to diseases and other alien characters]. *Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu. Biolohiia*, 26(2), 51–72. https://doi.org/10.18524/2077-1746.2021.2(49).246884 [in Ukrainian].

2. Pokhylko, S.Yu., Schwartau, V.V., Pochynok, V.M., Mykhalska, L.M., Duhan, O.M., & Morhun, B.V. (2017). Kompleksnyi analiz vmistu zahalnoho bilka v zerni miakoi pshenytsi, yaka mistyt hen *Gpc-B1* vid *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides* [Complex analysis of total protein content in bread wheat containing *Gpc-B1* gene from *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*]. *Visnyk Ukrainskoho tovarystva henetykiv i selektsioneriv*, 15(1), 52–57. https://doi.org/10.7124/visnyk.utgis.15.1.712 [in Ukrainian].

3. Motsnyi, I.I., & Fait, V.I. (2023). Biokhimichna otsinka introhresyvnykh linii pshenytsi miakoi ozymoi ta perspektyvy yikh vykorystannia u selektsii [Biochemical evaluation of introgressive lines of winter bread wheat and prospects for their use in breeding]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychykh nauk*, 4, 115–124. https://doi.org/10.32782/naturaljournal.4.2023.13 [in Ukrainian].

4. Novak, Zh.M., Kryzhanivskyi, V.H., Nenka, O.V., Syniook, I.V., & Novak, M.A. (2025). Variatsiia biometrychnykh pokaznykiv hibrydiv pshenytsi F_2–F_3, stvorenykh za hibrydyzatsii *Triticum aestivum* L. × *Triticum sphaerococcum* Perc. [Variation of biometric parameters of F_2–F_3 wheat hybrids created by hybridization of *Triticum aestivum* L. × *Triticum sphaerococcum* Perc.]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu*, 106(1), 115–125. https://doi.org/10.32782/2415-8240-2025-106-1-115-125 [in Ukrainian].

5. Diordiieva, I.P., Shchetyna, S.V., & Khudolii, L.V. (2026). Selektsiina tsinnist vykhidnoho materialu, stvorenoho za hibrydyzatsii *Triticum aestivum* L. × *Triticum spelta* L. [Breeding value of starting material created by hybridization of *Triticum aestivum* L. × *Triticum spelta* L.]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu*, 108(1), 40–51. https://doi.org/10.32782/2415-8240-2026-108-1-40-51 [in Ukrainian].

6. Moskalets, V., Knyazyuk, O., Bordiug, N., Ishchuk, O., & Matkovska, S. (2023). Extension of the forming process in the selection of winter common wheat for productivity and quality by using the gene pool of related wheat species within the framework of food security. *Scientific Horizons*, 26(6), 43–57. https://doi.org/10.48077/scihor6.2023.43.

7. Tverdokhlib, O.V., & Bohuslavskyi, R.L. (2012). Vydove riznomanittia pshenytsi, napriamy i perspektyvy yoho vykorystannia v Ukraini [Wheat species diversity, directions and prospects for its use in Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 80(1), 37–47 [in Ukrainian].

8. Shchypak, H.V., Tsupko, Yu.V., Shchypak, V.H., Matviiets, V.H., & Vaskivska, S.V. (2014). Selektsiia pshenytsi tverdoi ozymoi (*Triticum durum* Desf.) na pidvyshchennia adaptyvnykh vlastyvostei [Breeding of winter durum wheat (*Triticum durum* Desf.) for increased adaptive properties]. *Sortovivchennia ta okhorona prav na sorty roslyn*, 3(24), 25–31. https://doi.org/10.21498/2518-1017.3(24).2014.56038 [in Ukrainian].

9. Camerlengo, F., Sestili, F., Cammerata, A., Kuzmanovic, L., Ceoloni, C., Sissons, M., & Lafiandra, D. (2022). Introgression of gluten protein genes associated with the D-genome of bread wheat into durum wheat. *Journal of Cereal Science*, 107, 103515. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103515.

10. Verma, P.K., Singh, S., Bains, N.S., Mahal, G.S., Singh, R.P., & Singh, J. (2009). Reciprocal introgression of quality traits in durum wheat and bread wheat. *Crop Improvement*, 36(1), 13–19.

11. Kryshtopa, N.I., Bohuslavskyi, R.L., & Liubych, V.V. (2019). Selektsiina tsinnist vydiv pshenytsi (miaka, spelta, sharozerna, petropavlovskoho) za khlibopekarskymy vlastyvostiamy zerna [The selection value of wheat species (soft, spelt, sphaerococcum, Petropavlovskyi) according to the baking properties of grain]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 94(1), 221–231. https://doi.org/10.31395/2415-8240-2019-94-1-221-231 [in Ukrainian].

12. Popov, P., & Bojadzieva, D. (1965). Interspecific hybridization of *Triticum aestivum* L. with *T. sphaerococcum* Perc. In *A symposium on wide hybridization of plants*. Sofia: Bulgarian Academy of Sciences, 73–84.

13. Georgiev, S., Bonchev, G., Angelova, Z., & Kitanova, M. (2008). Genetic analysis of sphaerococcum mutant forms of hexaploid wheats and triticale MT47. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 22(4), 957–958. https://doi.org/10.1080/13102818.2008.10817587.

14. Bonchev, G., Stoilov, L., Angelova, Z., & Georgiev, S. (2012). Genomic diversity of *Ac*-like transposable elements in sphaerococcum mutant forms of common wheat (*Triticum aestivum* L.) and triticale (× *Triticosecale* Witt.). *Journal of Applied Genetics*, 53(1), 9–17. https://doi.org/10.1007/s13353-011-0065-x.

15. Konopatskaia, I., Vavilova, V., Blinov, A., & Goncharov, N.P. (2016). Spike morphology genes in wheat species (*Triticum* L.). *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences*, 70(6(705)), 345–355. https://doi.org/10.1515/prolas-2016-0053.

16. Johnson, E.B., Nalam, V.J., Zemetra, R.S., & Riera-Lizarazu, O. (2008). Mapping the *compactum* locus in wheat (*Triticum aestivum* L.) and its relationship to other spike morphology genes of the *Triticeae*. *Euphytica*, 163(2), 193–201. https://doi.org/10.1007/s10681-007-9628-7.

17. *Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnytstva* [Methodology for conducting qualification examination of plant varieties for suitability for dissemination in Ukraine. Methods for determining quality indicators of crop production]. (2016). Kyiv: Ukrainskyi instytut ekspertyzy sortiv roslyn, 163 p. [in Ukrainian].

18. *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krupianykh ta zernobobovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* [Methodology for examination of plant varieties of cereals, cereals and legumes for suitability for dissemination in Ukraine]. (2016). S.O. Tkachyk (Ed.); A.A. Livandovskyi, T.M. Khomenko et al. (Comps.). Vinnytsia: Ukrainskyi instytut ekspertyzy sortiv roslyn, 82 p. [in Ukrainian].

19. Orliuk, A.P., Honchar, O.M., & Usyk, L.O. (2006). *Henetychni markery pshenytsi* [Genetic markers of wheat]. Kyiv: Alefa, 144 p. [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 10.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 634.836.12:612.87:616.211
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-36-44



С. С. Древова
кандидат технічних наук,
в.о. завідувача відділу виноробства,
Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова» (м. Одеса, Україна)
E-mail: _svetik@ukr.net
orcid.org/0000-0002-4949-6188



Ю. О. Гуляк
аспірант,
Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова» (м. Одеса, Україна)
E-mail: jgulyak123@gmail.com
orcid.org/0009-0005-3974-3463

АГРОБІОЛОГІЧНА ТА ТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТЕХНІЧНИХ СОРТІВ ВИНОГРАДУ В УМОВАХ ПІВНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Ефективність функціонування виноградарсько-виноробного комплексу значною мірою визначається об'єктивністю, комплексністю та науковою обґрунтованістю критеріїв оцінювання сортового асортименту винограду. Комплексний підхід до вивчення технічних сортів передбачає взаємопов'язане дослідження їхніх агробіологічних характеристик, що визначають особливості росту, розвитку та продуктивності рослин, і технологічних властивостей, які зумовлюють якість виноградної сировини та її придатність до переробки. У статті наведено результати комплексної агробіологічної оцінки технічних сортів винограду Соляріс, Цитронний Магарача, Лівадійський чорний та Піфос за умов вирощування у північній частині Лісостепу України. Встановлено чітку міжсортову диференціацію за тривалістю вегетаційного періоду та строками проходження основних фенологічних фаз – від початку розпускання бруньок до настання знімальної стиглості. Виявлені сортові відмінності зумовлені комплексною дією генетично детермінованих особливостей росту й розвитку рослин та модифікаційної мінливості, сформованої під впливом гідротермічних умов вегетаційного періоду. Встановлено, що температурний режим і рівень вологозабезпечення істотно впливають на темпи проходження фенологічних фаз та тривалість вегетаційного періоду, що визначає ступінь адаптивності сортів до конкретних агроекологічних умов вирощування. За строками достигання досліджувані сорти диференційовано на ранньостиглий Соляріс, середньоранній Лівадійський чорний та середньостиглі Піфос і Цитронний Магарача. Встановлено прямий взаємозв'язок між величиною навантаження кущів вічками, інтенсивністю пагоноутворення та формуванням асиміляційного апарату, що характеризує особливості вегетативного розвитку досліджуваних сортів. Результати комплексної органолептичної та технологічної оцінки засвідчили високу технологічну придатність сортів Соляріс, Цитронний Магарача, Лівадійський чорний та Піфос до подальшої переробки. За сукупністю якісних характеристик досліджувані сорти можуть бути використані як сировина для виробництва ароматичних білих, рожевих та червоних вин.

Ключові слова: *технічний сорт винограду, агробіологічна оцінка, сенсорний аналіз.*

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

S. S. Drevova
Candidate of Engineerig Sciences,
Acting Head of the Winemaking Department,
National Scientific Center "Institute of Viticulture and Winemaking V.E. Tairov" (Odesa, Ukraine)
E-mail: _svetik@ukr.net
orcid.org/0000-0002-4949-6188
Yu. O. Huliak
Postgraduate student,
National Scientific Center "Institute of Viticulture and Winemaking named after V.E. Tairov" (Odessa, Ukraine)
E-mail: jgulyak123@gmail.com
orcid.org/0009-0005-3974-3463

AGROBIOLOGY AND TECHNOLOGY EVALUATION OF TECHNICAL GRAPE VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE NORTHERN FOREST-STEP OF UKRAINE

The effectiveness of the functioning of the viticulture and winemaking complex is largely determined by the objectivity, complexity and scientific validity of the criteria for evaluating the varietal assortment of grapes. A comprehensive approach to the study of technical varieties involves an interrelated study of their agrobiological characteristics, which determine the features of plant growth, development and productivity, and technological properties, which determine the quality of grape raw materials and its suitability for processing. The article presents the results of a comprehensive agrobiological assessment of technical grape varieties Solaris, Citronny Magaracha, Livadia Black and Pifos under growing conditions in the northern part of the Forest-Steppe of Ukraine. A clear intervarietal differentiation was established in terms of the duration of the growing season and the timing of the main phenological phases – from the beginning of budding to the onset of harvesting ripeness. The identified varietal differences are due to the complex action of genetically determined features of plant growth and development and modification variability formed under the influence of hydrothermal conditions of the growing season. It has been established that the temperature regime and the level of moisture supply significantly affect the rate of passage of phenological phases and the duration of the growing season, which determines the degree of adaptability of varieties to specific agroecological growing conditions. According to the ripening period, the studied varieties were differentiated into early-ripening Solaris, medium-early Livadia Black, and medium-ripening Piphos and Lemon Magaracha. A direct relationship was established between the amount of bush bud load, the intensity of shoot formation, and the formation of the assimilation apparatus, which characterizes the features of the vegetative development of the studied varieties. The results of a comprehensive organoleptic and technological evaluation showed high technological suitability of the varieties Solaris, Citronny Magaracha, Livadia Black and Pifos for further processing. According to the set of quality characteristics, the studied varieties can be used as raw materials for the production of aromatic white, rosé and red wines.
Key words: *technical grape variety, agrobiological assessment, sensory analysis.*

Постановка проблеми. Сучасний стан і тенденції розвитку світового та вітчизняного виноградарства і виноробства визначаються необхідністю ведення галузі на засадах сталого розвитку, високої адаптивності та економічної ефективності.

Традиційне функціонування виноградних засаджень сьогодні зазнає впливу з боку глобальних та регіональних кліматичних змін, що супроводжуються зміщенням меж природно-кліматичних зон, зростанням частоти екстремальних гідротермічних явищ (тривалі посухи, температурні аномалії, нерівномірний розподіл опадів) та флуктуацією тривалості вегетаційного періоду. Вказані фактори безпосередньо впливають на біохімічні процеси у рослинах винограду, порушуючи стабільність проходження фенологічних фаз, архітектоніку куща та динаміку дозрівання врожаю [1, 2]. У зв'язку з цим виникає науково-практична потреба в модифікації сортименту культури винограду та агротехніки, вивченні сучасних технічних сортів винограду. Залучення у виробництво нових селекційних сортів винограду, які поєднують у собі генетично детерміновану екологічну пластичність, стійкість до стресових факторів довкілля та якісний потенціал сировини для виробництва є пріоритетним науковим завданням. Однак зміни клімату порушують питання міграції та появи нових виноградарських регіонів, а нові сорти винограду – захисту типовості вин регіону [3, 4].

Успішна реалізація біологічного потенціалу виноградних сортів у конкретних еколого-географічних умовах неможлива без комплексного теоретичного та практичного оцінювання основних елементів технології вирощування сировини. В агробіологічному аспекті увагу слід приділити вивченню особливостей росту, розвитку, продуктивності та адаптивних реакцій сортів залежно від ґрунтово-кліматичних умов і прийомів агротехніки. Технологічний аспект спрямований на теоретичне обґрунтування й практичну оцінку основних елементів технології вирощування винограду, зокрема способів формування та ведення кущів, нормування навантаження пагонами й урожаєм, системи утримання ґрунту, удобрення, зрошення, захисту рослин від шкідливих організмів, а також строків і способів виконання основних агротехнологічних операцій та дослідженні показників технічної зрілості винограду. Комплексне оцінювання зазначених аспектів дає змогу встановити закономірності формування продуктивності виноградних насаджень, визначити найбільш ефективні технологічні прийоми та обґрунтувати їх адаптацію до конкретних еколого-географічних умов вирощування [5, 6].

Оскільки зміна клімату має дедалі більший вплив на фенологію, хімічний склад, ароматичний потенціал винограду та сенсорний баланс дескрипторів вина, то якість винограду може бути представлена результатами органолептичної оцінки зрілості ягід, яка є ключовим інструментом для визначення дати збору врожаю і направлення його використання [7].

Таким чином, наукова проблема полягає у проведенні комплексного дослідження технічних сортів винограду за біометричними, фотосинтетичними параметрами вегетативної маси виноградного куща та технологічною зрілістю в умовах Північної частини Лісостепу України.

В подальшому це дозволить розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо удосконалення технології переробки досліджуваних сортів винограду для виробництва високоякісних білих, рожевих та червоних локальних вин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні та практичні аспекти агробіологічної та технологічної оцінки технічних сортів винограду постійно перебувають у центрі уваги провідних вітчизняних та закордонних науковців. Сучасний етап розвитку виноградно-виноробної галузі характеризується необхідністю оптимізації сортового сортименту в умовах глобальних кліматичних змін, підвищення адаптивного потенціалу насаджень та забезпечення високої якості кінцевої виноробної продукції [8].

Фундаментальний внесок у розвиток теоретико-методологічних засад ампелографії, фенології та комплексної оцінки вітчизняних сортів винограду на сучасному етапі належить вітчизняним науковцям [5, 6, 8, 9]. Їх дослідження направлені на удосконалення методологічних підходів до ідентифікації та характеристики технічних сортів винограду, оцінювання морфологічних, біологічних і господарсько-цінних ознак сировини, вивчення особливостей проходження основних фенологічних фаз, а також визначення адаптивного потенціалу сортів за різних ґрунтово-кліматичних умов.

В останні роки вчені активно реформують систему сортової сертифікації та гармонізують вітчизняні методичні підходи із міжнародними стандартами. Значна увага приділяється адаптації національних нормативних документів і методик оцінювання сортів винограду до системи дескрипторів Міжнародної організації винограду і вина (OIV). Це забезпечує уніфікацію критеріїв ідентифікації та опису сортових ознак, підвищує об'єктивність їх оцінювання та створює передумови для зіставлення результатів вітчизняних досліджень із даними, отриманими в інших виноградарських регіонах світу.

Застосування стандартизованих ампелографічних і фенологічних критеріїв має особливе значення для комплексної оцінки сортів в умовах зміни агроекологічних факторів. Це дає змогу не лише встановлювати їхні сортові особливості, а й визначати ступінь адаптивності, стабільність прояву господарсько-цінних ознак та перспективність використання в конкретних еколого-географічних умовах. Такий підхід формує сучасне методологічне підґрунтя для обґрунтованого добору сортименту, удосконалення технологій вирощування та раціонального використання генетичного потенціалу винограду [1, 9, 10, 11].

У контексті агробіологічної оцінки технічних сортів значна увага дослідників приділяється вивченню тривалості вегетаційного періоду та архітектоніки куща. Сучасні публікації вітчизняних авторів підтверджують, що параметри пагоноутворення, навантаження кущів вічками та формування активної листкової поверхні є динамічними величинами, які жорстко детерміновані генетичними особливостями сорту, але зазнають суттєвого модифікаційного впливу гідротермічних факторів навколишнього середовища. Дослідження динаміки індексу листкової поверхні та фотосинтетичного потенціалу в поєднанні з лінійним приростом однорічних пагонів детально висвітлені у наукових працях Ляшенка Г. В. [10].

Технологічний аспект оцінки винограду, що базується на аналізі механічного складу грон, фізико-хімічних показників сусла (масової концентрації цукрів і титрованих кислот) та органолептичних властивостей ягід, є логічним завершенням агробіологічного скринінгу.

Особливий науковий інтерес у періодичних виданнях викликає вивчення сортів нового покоління, зокрема селекційних сортів винограду, які поєднують високу екологічну пластичність із яскраво вираженим мускатним ароматом та смаком [12]. Аналіз закордонних публікацій свідчить про світовий тренд до типізації технічних сортів за їхньою здатністю синтезувати вторинні метаболіти (фенольні та ароматичні сполуки) в умовах підвищених середньодобових температур вегетації. Вчені наголошують на важливості проведення точних дегустаційних експертиз із використанням стандартизованих шкал (ISO, OIV) для встановлення кореляційних зв'язків між біометричними показниками лози та фінальною бальною оцінкою вина [2].

Проте, попри значну кількість досліджень, питання комплексного поєднання агробіологічних параметрів (навантаження, фотосинтетична поверхня, довжина пагонів) із технологічним виходом і дегустаційними характеристиками конкретних технічних сортів в умовах конкретних мікрозон вирощування залишається вивченим недостатньо. Це обумовлює актуальність, теоретичне та практичне значення досліджень.

Метою статті є дослідження технічних сортів винограду придатних для вирощування в умовах Північної частини Лісостепу України.

Матеріали та методи дослідження. Робота проводилася протягом 2023–2024 роках на кафедрі садівництва імені професора В.Л. Симиренка Національного університету біоресурсів і природокористування України. Експериментальною базою для проведення досліджень слугували насадження винограду на території навчальної лабораторії «Плодоовочевий сад» (м. Київ), яка розташована в північній частині Лісостепу України. Клімат області помірно континентальний з м'якою зимою і теплим літом. Ґрунт – дерново-підзолистий, сформований на лесових суглинках.

Матеріалом для роботи був виноград технічних сортів, характеристика яких наведена в таблиці 1.

Дослідження проводили на виноградних насадженнях, закладених навесні 2022 року, за схемою розміщення рослин 3,0 × 1,5 м.

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Агротехнічний догляд за рослинами та ґрунтом здійснювали відповідно до загальноприйнятих технологічних вимог. Усі агротехнічні та фітотехнічні заходи на дослідних варіантах виконували одночасно та в однакових умовах, що забезпечувало єдині умови вирощування досліджуваних сортів. Дослід закладали у чотирьох повтореннях, у кожному з яких було по 5 кущів що становило 20 кущів кожного досліджуваного сорту. Загальна кількість облікових рослин у досліді становила 80 кущів [13].

Вивчення технічних сортів винограду, фенологічні спостереження та агробіологічні обліки проводили згідно методик [14, 15, 16] та методичних рекомендацій по агротехнічним дослідженням у виноградарстві України [17]. Органолептичну оцінку винограду визначали дегустаційно за 10-ти бальною шкалою. Основні фізико-хімічні показники технічної зрілості винограду визначали згідно чинних нормативних документів [19, 20]

Основні результати дослідження. Результати фенологічних спостережень за технічними сортами винограду наведено в таблиці 2.

Представлені дані показали, що календарні терміни настання окремих фаз вегетації варіювали залежно від сорту винограду. Це свідчить про наявність міжсортової диференціації винограду за календарними строками настання основних фенологічних фаз та загальною тривалістю вегетаційного періоду. Досліджувані сорти характеризувалися різними темпами проходження окремих етапів онтогенезу, що зумовлювало відмінності у строках досягнення технічної стиглості ягід. Водночас для більшості досліджуваних сортів встановлено відносну синхронність проходження основних фенологічних фаз – від початку розпускання бруньок до достигання ягід. Незважаючи на сортову специфіку тривалості окремих міжфазних періодів, послідовність проходження фенологічних етапів зберігалася в обидва роки досліджень. Це свідчить про генетично зумовлену стабільність сезонного розвитку сортів за умов відповідного екологічного середовища.

Найбільш інтенсивним темпом розвитку відзначився сорт Соляріс. Початок фази бутонізації у цього сорту зафіксовано – 2…4 квітня. Найбільш пізнє розкриття бутонів виявлено у сорту Цитронний Магарача, де початок цієї фази припав на 10…12 квітня. Сорти Лівадійський чорний та Піфос займали проміжне положення. У них початок фази бутонізації реєстрували в період з 6 по 10 квітня.

Аналіз проходження подальших фенологічних етапів засвідчив збереження виявлених міжсортових відмінностей за темпами розвитку. Початок фази цвітіння у сорту Соляріс зафіксовано 17…20 травня. У решти досліджуваних сортів винограду зазначена фаза наставала пізніше – наприкінці травня або на початку червня. Перехід до фази початку дозрівання ягід у сорту Соляріс відмічено у третій декаді червня (22…26 червня). Для інших сортів винограду початок цієї фази припав на першу половину липня – з перших чисел місяця до 15 липня. Диференціація сортів за термінами настання фенофаз зумовила відповідну черговість збору врожаю. Найбільш ранні строки збиральної стиглості виявив сорт Соляріс, збір якого розпочали 3 серпня. Сорти Цитронний Магарача та Лівадійський чорний сформували проміжну групу за стиглістю з початком збору 9 серпня. Найпізніші строки дозрівання (15 серпня) зареєстровані

Таблиця 1

Дослідні сорти винограду

Назва сорту	Схема схрещування	Період дозрівання, днів
Сорт селекції Державного інституту виноградарства Фрейбург, Німеччина		
Соляріс (білий)	Мерцлінг х GM 6493 (Сапераві північний х Мускат Оттонель)	ранній, 100…115
Сорт селекції Національного інституту винограду і вина «Магарач» НААН		
Цитронний Магарача (білий)	Мадлен Анжевін х [«Магарач 124-66-26» (Ркацителі х Магарач 2-57-72) + «Новоукраїнский ранній»]	ранньосередній, 120…130
Лівадійський чорний (червоний)	Мегре Вагаас х Магарач 124-66-26	ранньосередній, 130…140
Сорт селекції Науково-виробничого об'єднання виноградарства і виноробства «Вієрул», Молдова		
Піфос (білий)	(Варуссе х Вельтлінер). Синонім: ХХ-14-64	середній, 130…135

Таблиця 2

Календарні терміни початку фаз вегетації сортів винограду

Сорт винограду	Дата початку						Початок знімальної стиглості	
	розпукування вічок		цвітіння		дозрівання			
	2023 р.	2024 р.	2023р.	2024р.	2023р.	2024р.	2023р.	2024р.
Цитронний Магарача	12.04	10.04	01.06	2.06	13.07	15.07	09.08	12.08
Лівадійський чорний	08.04	06.04	30.05	30.05	14.07	11.07	16.08	09.08
Піфос	09.04	10.04	28.05	01.06	6.07	12.07	15.08	17.08
Соляріс	04.04	02.04	20.05	17.05	26.06	22.06	03.08	18.07

у сорту Піфос. Загалом, оцінка тривалості вегетаційного періоду в днях підтверджує, що сорт Соляріс характеризувався мінімальними інтервалами міжфазних періодів вегетації, що визначає його високу скоростиглість.

Відзначено, що тривалість міжфазного періоду від розпускання вічок до знімальної стиглості ягід у сорту Соляріс становила в середньому 109 днів. Наступним за тривалістю вегетації був сорт Цитронний Магарача, показник якого склав 123 діб, що на 14 діб перевищував значення попереднього сорту. Максимальна тривалість вегетаційного періоду (128…130 діб) була зафіксована у технічних сортів винограду Лівадійський чорний та Піфос.

На підставі даних, отриманих в літературних джерел та в результаті проведених нами досліджень, можна припустити, що календарні терміни та загальна тривалість вегетації рослин зумовлені як генетичними особливостями сорту, так і впливом гідротермічних факторів навколишнього середовища.

Разом з тим, дані які представлені в таблиці 3, дозволяють класифікувати досліджувані сорти винограду за строками їх дозрівання.

Відповідно до класифікації [21, 22], сорт Соляріс віднесено до групи ранньостиглих, Лівадійський чорний – до середньоранніх, а Піфос та Цитронний Магарача – до середньостиглих.

Виноград є багаторічною ліаною, що формує подовжені (до 10…15 м) тонкі стебла, на яких закладається значний фонд бруньок із диференційованими періодами спокою. Забезпечення оптимальних гідротермічних умов упродовж вегетаційного періоду рослини інтенсифікує процеси закладання генеративних органів, покращує визрівання лози, підвищує рівень збереженості вічок та стимулює розвиток асиміляційного апарату [23, 25].

За кількістю плодоносних пагонів у значній мірі визначають продуктивність сорту. Сорти винограду значно розрізняються за даною ознакою (табл. 4).

За результатами досліджень, вихідне навантаження кущів вічками у технічних сортів винограду було неоднорідним і варіювало в середньому від 5,5 до 10,0 шт./кущ. Зокрема, максимальні показники навантаження зафіксовано у сорту Цитронний Магарача (10,0 шт./кущ), дещо нижчі – у сортів Лівадійський чорний (8,5 шт./кущ) та Піфос (7,0 шт./кущ), тоді як мінімальне навантаження відмічено у сорту Соляріс (5,5 шт./кущ). Зазначена диференціація вихідного навантаження вічками зумовила відповідні відмінності у загальній кількості розвинених пагонів на кущах.

Аналіз структури кущів за показником загального навантаження пагонами виявив аналогічну диференціацію між досліджуваними сортами винограду (табл. 5).

Максимальну кількість розвинених загальних пагонів зафіксовано у сорту Цитронний Магарача – 8,5 шт./кущ. У сортів Лівадійський чорний та Піфос цей показник становив 7,5 та 5,5 шт./кущ відповідно. Мінімальне навантаження куща пагонами відмічено у дослідного зразка Соляріс, що склало в середньому 4,5 шт./кущ. Аналогічна тенденція простежувалася і за показником навантаження кущів плодоносними пагонами. Найвищі значення було виявлено у сорту Цитронний Магарача (4,5 шт./кущ), тоді як у сортів Лівадійський чорний та Піфос кількість плодоносних пагонів становила 3,5 та 3,0 шт./кущ відповідно. Найменша кількість генеративних пагонів сформувалася у сорту Соляріс – 2,5 шт./кущ. Порівняльний аналіз зазначених параметрів у розрізі років досліджень виявив певну динаміку в межах кожного сорту.

Величина однорічного приросту є одним із ключових біометричних параметрів, що характеризують вегетативну потужність рослин. За усередненими даними років досліджень,

Таблиця 3

Тривалість фаз вегетації технічних сортів винограду (середні дані за 2023–2024 рр.)

Сорт винограду	Кількість діб від			
	розпукування вічок до цвітіння	цвітіння до дозрівання	дозрівання до знімальної стиглості	розпускання вічок до знімальної стиглості
Цитронний Магарача	52	43	28	123
Лівадійський чорний	53	43	31	128
Піфос	51	41	38	130
Соляріс	46	37	27	109

Таблиця 4

Навантаження пагонами технічних сортів винограду (середні дані за 2023–2024 рр.)

Сорт винограду	Навантаження куща		
	вічками, шт.	загальними пагонами, шт.	плодоносними пагонами, шт.
Цитронний Магарача	10,0	8,5	4,5
Лівадійський чорний	8,5	7,5	3,5
Піфос	7,0	5,5	3,0
Соляріс	5,5	4,5	2,5

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

максимальну довжину пагонів зафіксовано у сорту Цитронний Магарача, у якого цей показник досяг 112,5 см. У сортів Лівадійський чорний та Піфос значення даного параметра перебували на відносно стабільному однорідному рівні й становили 90,5 та 91,0 см відповідно. Мінімальна довжина однорічних пагонів відмічена у сорту Соляріс – 81,0 см.

На відміну від лінійних параметрів росту пагонів, їхній діаметр характеризувався більшою стабільністю прояву. Встановлено, що товщина однорічного приросту не виявляла істотної міжсортової та міжрічної варіабельності упродовж років досліджень та не перевищувала 5,5 мм. Такий характер мінливості свідчить про відносну стабільність цього морфометричного показника за досліджуваних умов вирощування.

Поряд із морфометричними характеристиками пагонів, важливим структурно-функціональним показником розвитку виноградної рослини є сформованість її асиміляційного апарату, зокрема площа активної листкової поверхні куща. Розмір листкової поверхні визначає потенційну фотосинтетичну активність рослин і значною мірою обумовлює накопичення асимілятів, формування біомаси та реалізацію продуктивного потенціалу виноградних кущів. Тому оцінювання площі листкової поверхні є важливою складовою агробіологічної характеристики сортів та дає змогу встановити особливості формування їхнього фотосинтетичного апарату залежно від генотипу та гідротермічних умов року.

Одним із важливих біометричних показників розвитку рослин винограду є сформованість листкового апарату та активної листкової поверхні кущів [24, 25].

Результати досліджень параметрів асиміляційного апарату засвідчили пряму залежність між архітектонікою куща та загальною площею фотосинтетичної поверхні.

Максимальні біометричні показники зафіксовано у сорту Цитронний Магарача. Він характеризувався найбільшим навантаженням пагонами. Середня кількість листків на одному пагоні становила 8,5 шт., а загальна – в середньому досягала найвищого значення 12,5 шт. (табл. 6).

Поряд із кількісними параметрами, сорт Цитронний Магарача відзначився найбільшими лінійними розмірами асиміляційних органів: середня площа листкової пластинки становила 72,5 см², що суттєво перевищувало показники інших сортів. Зазначені особливості морфологічної структури зумовили формування потужнішої фотосинтетичної поверхні, яка в розрахунку на один кущ склала 1,54 м² (із відповідним пропорційним зростанням цього показника в перерахунку на гектар насаджень).

У решти досліджуваних сортів винограду аналізовані параметри листкового апарату (кількість листків, площа листкової пластинки та загальна площа листкової поверхні куща) були нижчими, проте суттєвої міжсортової диференціації та статистично достовірної різниці між ними не виявлено.

Ампелометричні ознаки ягід дослідних технічних сортів винограду представлено в таблиці 7.

За результатами органолептичного тестування зразків винограду виділилися два сорти – Цитронний Магарача та Лівадійський чорний, які отримали найвищий бал – 8,0.

Ягоди Цитронного Магарача мали солом'яний колір з зеленувато-золотистим відтінком та округлу форму масою до 7,0 г. Шкірка ягоди була тонкою, помірно щільною. Аромат та смак відповідали даному сорту винограду з вираженими цитронними та мускатними тонами.

Лівадійський чорний характеризувався темно-синім, майже чорним забарвленням ягід, округлої або слабоовальної форми масою до 2,0 г. У формуванні ароматичного профілю переважали мускатні відтінки. Смак був гармонійним та тривалим. Шкірка тонка та міцна.

Технічний сорт винограду Піфос за результатами органолептичної оцінки отримав 7,5 бала.

Таблиця 5

Об'єм однорічного приросту технічних сортів винограду (середні дані за 2023–2024 рр.)

Сорт винограду	Кількість пагонів, шт.	Довжина пагону, см	Діаметр пагону, мм
Цитронний Магарача	8,5	112,5	5,0
Лівадійський чорний	7,5	90,5	5,1
Піфос	5,5	91,0	5,5
Соляріс	4,5	81,0	4,8
НІР05	0,76	4,0	0,20

Таблиця 6

Площа листкової поверхні у технічних сортів винограду (середні дані за 2023–2024 рр.)

Сорт винограду	Кількість листків на пагоні, шт.	Площа однієї листової пластинки, см²	Площа листової поверхні з куща, м²
Цитронний Магарача	12,5	72,5	1,54
Лівадійський чорний	9,5	67,5	0,52
Піфос	11,0	46,5	0,31
Соляріс	13,0	53,0	0,31
$НІР_{05}$	1,47	8,36	0,083

Таблиця 7

Ампелометричні ознаки ягід винограду

Сорт винограду	Форма ягоди	Забарвлення ягоди	Аромат	Смак	Дегустаційна оцінка, бал
Цитронний Магарача	округла	зеленувато-золотисті	цитрусовий тон та мускатний відтінок	гармонійний	8,0
Лівадійський чорний	середня, округла, овальна	темно-сині	приємний мускатний тон	гармонійний	8,0
Піфос	середня, овальна	рожеві	простий	гармонійний	7,5
Соляріс	середня, округла	білі	простий	гармонійний	7,0

Ягоди були рожевого забарвлення, середнього розміру з овальною конфігурацією масою до 1,5 г. Аром чистий, легкий без домінантних відтінків, а смак гармонійний. Шкірка тонка та м'яка.

Сорт Соляріс за аналогічними критеріями дегустаційної експертизи оцінено у 7,0 бала. Ягоди цього сортозразка мали середні розміри, округлу форму та специфічне білувате забарвлення. Анатомічними особливостями ягід є тонка, але щільна шкірка та соковита консистенція м'якуша. Смак гармонійний з інтенсивно вираженим яскравим мускатним присмаком.

За показниками масової концентрації цукрів та титрованих кислот всі сорти винограду відповідали вимогам ДСТУ 2366 [26]. Винограду сорту Лівадійський чорний був властивий найбільший вміст цукрів (210…260 г/дм^3), середні значення цього показника зафіксовано у винограді сортів Цитронний Магарача, Піфос та Соляріс (190…230 г/дм^3). Однак для всіх сортів характерні високі значення масової концентрації титрованих кислот (7,0…9,0 г/дм^3). Таким чином всі сорти винограду за органолептичними та основними фізико-хімічними показниками є придатними для виробництва білих, рожевих та червоних вин.

Висновки. Проведено комплексне агробіологічне дослідження технічних сортів винограду Соляріс, Цитронний Магарача, Лівадійський чорний та Піфос в умовах північної частини Лісостепу України, що передбачало оцінювання їхніх ампелографічних, фенологічних та біометричних характеристик. Сорти диференційовано за тривалістю загального вегетаційного періоду та термінами настання основних фенологічних фаз стиглості, що посприяло визначенню терміну збирання врожаю. Відзначено, що за тривалістю періоду від розпускання вічок до знімальної стиглості ранньостиглим є сорт винограду Соляріс (109 діб), середньораннім – Лівадійський чорний (128 діб), середньостиглим – Цитронний Магарача та Піфос (123 доби та 130 діб відповідно). Доведено, що максимальну вегетативну потужність проявив сорт Цитронний Магарача, який сформував найбільшу кількість загальних пагонів (8,5 шт./кущ), а також лінійний орієнтир однорічного приросту (112,5 см). Площа листкової пластини даного сорту склала 72,5 см², а загальної фотосинтетичної поверхні куща – 1,54 м². Мінімальні параметри архітектоніки було зафіксовано у сорту Соляріс: загальних пагонів 4,5 шт./кущ, довжина пагону 81,0 см.

Морфометричний аналіз листкового апарату засвідчив лідерство сорту Цитронний Магарача за показниками площі листкової пластинки (72,5 см²) та загальної фотосинтетичної поверхні куща (1,54 м²). У решти сортів аналізовані параметри (кількість листків, площа та індекс листкової поверхні) характеризувалися нижчими значеннями.

За результатами органолептичної та фізико-хімічної оцінки досліджуванні технічні сорти винограду є придатними до подальшої переробки для виробництва ароматичних рожевих, білих та червоних вин.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту не використовувалися. Автори несуть повну відповідальність за зміст, результати та висновки, представлені в цій публікації.

Подяки. Автори рукопису висловлюють вдячність Національному університету біоресурсів та природокористування України за надання бази та організаційну підтримку під час виконання дослідження.

Фінансування досліджень. Автори заявляють, що дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Авторський внесок.

Гуляк Ю. О. – є основним автором, який виконав роботу і внесок (70%), це підбір методів дослідження, проведення експерименту, аналіз даних, управління даними, підготовка рукопису-первинний текст.

Древова С. С. – є співавтором, чий внесок становить (30%), наукове керівництво, визначення концепції дослідження, підготовка рукопису-перегляд і редагування.

Проведено агробіологічну та фенологічну характеристику технічних сортів винограду. Встановлено сортові відмінності за тривалістю вегетаційного періоду, строками проходження основних фенологічних фаз.

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Визначено: оптимальні строки збирання врожаю; сортові особливості росту пагонів, кількості пагонів, їх довжину, площу листової пластинки та загальну фотосинтетичну поверхню куща; технологічну придатність сортів винограду для виноробства.

References

1. Kovalova, I., Vlasov, V., Muliukina, N., Dzhaburiia, Tulaieva, M., Herus, L., Yarmak, Ye., Stasieva, M., Bankovska, M., Dzhumanazarova, S., Salii, O., Skrypnyk, V., Fedorenko, M., Papina, O., Burhelia, N., & Karastan, O. (2022). *Ampelohrafichnyi atlas sortiv i form vynohradu selektsii Natsionalnoho naukovoho tsentru «Instytut vynohradarstva i vynorobstva im. V. Ye. Tairova»* [Ampelographic atlas of grape varieties and forms developed by the V. Ye. Tairov National Research Center "Institute of Viticulture and Winemaking"]. 2nd ed., supplemented. Kyiv: Ahrarna nauka, 160 p. https://doi.org/10.31073/978-966-540-557-3 [in Ukrainian].

2. Kovalova, I.A., Skrypnyk, V.V., Herus, L.V., & Muliukina, N.A. (2019). Rezultaty otsinky rivnia proiavu kompleksu oznak interesu beznasinnevykh sortiv vynohradu dlia podalshoho zastosuvannia v selektsiinomu protsesi [Results of assessing the level of manifestation of a complex of interesting traits of seedless grape varieties for further use in the breeding process]. *Visnyk Umanskoho Natsionalnoho Universytetu Sadivnytstva*, 2, 103–109. https://doi.org/10.31395/2310-0478-2019-2-103-109 [in Ukrainian].

3. Robinson, J. (2024). New experiments in grape growing. *Financial Times*, October 18. Financial Times article

4. Plantevin, M., et al. (2024). Identifying the boundaries of the sensory space of red Bordeaux wines using an innovative machine learning approach. Application to the identification of new varieties adapted to climate change. *OENO One*, 58(3). https://doi.org/10.20870/oeno-one.2024.58.3.7876

5. Shtirbu, A.V. (2024). Ahrobiolohichni osoblyvosti vynohradu pry riznykh parametrakh shchilnosti nasadzhen [Agrobiological features of grapes at different planting density parameters]. *Visnyk Umanskoho Natsionalnoho Universytetu Sadivnytstva*, 1, 40–44. https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-1-40-44 [in Ukrainian].

6. Vlasov, V.V., Shtyrbu, A.V., & Bulaieva, Yu.Yu. (2016). Suchasnyi stan i tendentsii rozvytku haluzi vynohradarstva Ukrainy [Current state and development trends of Ukraine's viticulture sector]. *Vynohradarstvo i Vynorobstvo*, 53, 62–67 [in Ukrainian].

7. Mira de Orduña, R. (2010). Climate change associated effects on grape and wine quality and production. *Food Research International*, 43(7), 1844–1855. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.05.001

8. Belous, I.V. (2015). *Stratehiia rozvytku vynohradarstva i vynorobstva Ukrainy ta peredumovy vykhodu yikh produktsii na svitovyi rynok* [Strategy for the development of viticulture and winemaking in Ukraine and prerequisites for entering the global market with their products]. Odesa: NNTs «IViV im. V.Ye. Tairova», 204 p. [in Ukrainian].

9. Brykova, T.M. (2025). Osoblyvosti rozvytku vynorobstva u perspektyvnykh vynorobnykh rehionakh Ukrainy [Peculiarities of winemaking development in promising wine-growing regions of Ukraine]. *Innovatsii ta Tekhnolohii v Sferi Posluh i Kharchuvannia*, 2(16). https://doi.org/10.32782/2708-4949.2(16).2025.5 [in Ukrainian].

10. Liashenko, H.V., Melnyk, E.B., Buzovska, M.B., Popova, H.K., & Mandych, O.M. (2024). *Metodyka otsinky vplyvu pohodno-klimatychnykh umov na formuvannia yakosti vrozhaiu sortiv vynohradu, riznykh za strokamy dostyhannia* [Methodology for assessing the impact of weather and climatic conditions on the formation of crop quality in grape varieties with different ripening periods]. Odesa: NNTs «IViV im. V.Ye. Tairova», 25 p. Full text [in Ukrainian].

11. Muliukina, N., & Liashenko, H. (2023). Vynohrad, vyno ta klimatychni zminy [Grapes, wine, and climate change]. *Napoi. Tekhnolohii ta Innovatsii*, 2(96), 25–27. Journal website [in Ukrainian].

12. Kovalova, I.A., & Herus, L.V. (2022). Dyferentsiatsiia siiantsiv vynohradu za oznakoiu «muskatnyi aromat» zalezhno vid vyboru batkivskykh komponentiv [Differentiation of grapevine seedlings based on the "muscat aroma" trait depending on the choice of parental components]. *Henetychni Resursy Roslyn*, 31. https://doi.org/10.36814/pgr.2022.31.07 [in Ukrainian].

13. Laurent, C., Oger, B., Taylor, J.A., Scholasch, T., Métay, A., & Tisseyre, B. (2021). Review of the issues, methods and perspectives for yield estimation, prediction and forecasting in viticulture. *European Journal of Agronomy*, 130, 126339. https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126339

14. Muliukina, N.A., Salii, O.V., Kovalova, I.A., & Herus, L.V. (2019). Novi tekhnichni formy vynohradu selektsii NNTs «IViV im. V.Ye. Tairova» [New technical forms of grapevine bred at the NSC "V.Ye. Tairov Institute of Viticulture and Winemaking"]. *Visnyk Umanskoho Natsionalnoho Universytetu Sadivnytstva*, 2, 94–97. https://doi.org/10.31395/2310-0478-2019-2-94-97 [in Ukrainian].

15. Hel, I.M. (2014). *Systematyka ta ampelohrafiia vynohradu* [Grapevine systematics and ampelography]. Lviv, 110 p. Electronic version [in Ukrainian].

16. Panasevych, K.O. (1972). Metodyka pervynnoho sortovyvchennia vynohradu v umovakh Ukrainskoi RSR [Methodology for the initial evaluation of grape varieties under the conditions of the Ukrainian SSR]. *Vynohradarstvo i Vynorobstvo*, 12, 78–89 [in Ukrainian].

17. Avidzba, A.M. (2004). *Metodychni rekomendatsii shchodo ahrotekhnichnykh doslidzhen u vynohradarstvi Ukrainy* [Methodological recommendations for agrotechnical research in Ukrainian viticulture]. Yalta, 264 p. [in Ukrainian].

18. Tkachenko, O.B., Kamenieva, N.V., Kukuridze, Ye.Zh., Suhachenko, T.S., & Titlova, O.O. (2020). Kompleksna otsinka vynohradu dlia vyrobnytstva teruarnykh vyn [Comprehensive evaluation of grapes for the production of terroir wines]. *Visnyk Umanskoho Natsionalnoho Universytetu Sadivnytstva*, 2, 89–94. https://doi.org/10.31395/2310-0478-2020-2-89-94 [in Ukrainian].

19. *Vynohrad svizhyi. Metody vyznachennia masovoi kontsentratsii tsukriv: DSTU 7669:2014* [Fresh grapes. Methods for determination of sugar mass concentration: DSTU 7669:2014]. (2014). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 8 p. (Natsionalnyi standart Ukrainy). DSTU 7669:2014 [in Ukrainian].

20. *Vyna i vynomaterialy. Metod vyznachannia zahalnoi kyslotnosti: DSTU 4112.13-2002* [Wines and wine materials. Method for determination of total acidity: DSTU 4112.13-2002]. (2003). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 8 p. (Natsionalnyi standart Ukrainy). Standards catalogue [in Ukrainian].

21. Dudnyk, M.O., Koval, M.M., Kozar, I.M., et al. (2008). *Vynohradarstvo: pidruchnyk* [Viticulture: A textbook]. E.I. Khrenovskov (Ed.). 2nd ed., revised and supplemented. Kyiv: Aristei, 332 p. [in Ukrainian].

22. Ollat, N., Cookson, S.J., Destrac-Irvine, A., Lauvergeat, V., Ouaked-Lecourieux, F., Marguerit, E., Barrieu, F., Dai, Z., Duchêne, E., Gambetta, G.A., Gomès, E., Lecourieux, D., van Leeuwen, C., Simonneau, T., Torregrosa, L., Vivin, P., & Delrot, S. (2019). Grapevine adaptation to abiotic stress: An overview. *Acta Horticulturae*, 1248, 497–512. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1248.68

23. Shtirbu, A.V., & Vlasov, V.V. (2023). Otsinka efektyvnosti system vedennia kushchiv na vynohradnykakh v umovakh Stepu [Evaluation of the effectiveness of bush management systems in vineyards in the Steppe]. *Visnyk Umanskoho Natsionalnoho Universytetu Sadivnytstva*, 2, 57–63. https://doi.org/10.32782/2310-0478-2023-2-57-63 [in Ukrainian].

24. Vasylenko, O., Kondratenko, T., Havryliuk, O., Andrusyk, Y., Kutovenko, V., Dmytrenko, Y., Grevtseva, N., & Marchyshyna, Y. (2021). The study of the productivity potential of grape varieties according to the indicators of functional activity of leaves. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 639–647. https://doi.org/10.5219/1638

25. Huliak, Yu.O. (2024). *Ahrobiolohichna otsinka sortiv vynohradu u molodomu vynohradnyku: dyplomna robota mahistra* [Agrobiological evaluation of grape varieties in a young vineyard: Master's thesis]. Specialty 203 Horticulture, Fruit and Vegetable Growing and Viticulture. Kyiv, 81 p. [in Ukrainian].

26. *Vynohrad svizhyi tekhnichnyi. Tekhnichni umovy: DSTU 2366-2009* [Fresh wine grapes. Specifications: DSTU 2366-2009]. (2010). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 9 p. (Natsionalnyi standart Ukrainy). DSTU 2366-2009 [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 16.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 632.754.1:633.11«324»
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-45-50



М. Ю. Залєвський
аспірант кафедри захисту і карантину рослин,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: vakuuuula@gmail.com
orcid.org/0009-0000-0321-693X

ФЕНОЛОГІЯ РОЗВИТКУ ХЛІБНИХ КЛОПІВ (HEMIPTERA) В АГРОЦЕНОЗІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

У статті наведено результати дослідження фенологічних особливостей розвитку хлібних клопів в агроценозі пшениці озимої в умовах Київської області. Метою роботи було побудувати фенологічні календарі розвитку хлібних клопів на основі систематичного фітосанітарного моніторингу та встановити особливості впливу температурного режиму й темпів накопичення суми ефективних температур на строки проходження основних фаз розвитку домінантного виду. Дослідження проводили впродовж 2024–2026 рр. у ПП «ЦЕРЕРА-АГРО-ТРАС» на посівах пшениці озимої сорту Аватар із використанням загальноприйнятих методик ентомологічного обліку. За результатами моніторингу ентомокомплекс культури був представлений 35 видами фітофагів, серед яких у складі Hemiptera виявлено 10 видів. Найбільш небезпечними були Eurygaster integriceps Put., Aelia acuminata L. та Schizaphis graminum Rond., чисельність яких перебувала в межах або перевищувала економічний поріг шкідливості. Для E. integriceps на основі польових спостережень та розрахунку суми ефективних температур розроблено фенологічні календарі за три вегетаційні сезони. Встановлено суттєву міжрічну мінливість строків весняної міграції імаго, яйцекладки, розвитку личинок і появи імаго нового покоління. Найбільш раннє проходження основних фаз зафіксовано у 2023–2024 рр., коли інтенсивніше весняне накопичення ефективного тепла забезпечило ранню активізацію шкідника; перші яйцекладки спостерігали у II–III декадах травня, а імаго нового покоління – у III декаді червня. У 2024–2025 рр. нижчі весняні температури зумовили зміщення фенологічних фаз на пізніші строки, тоді як у 2025–2026 рр. після холодного квітня підвищення температури у травні–червні сприяло прискоренню розвитку фітофага. Встановлено, що загальна послідовність сезонного циклу E. integriceps зберігалася, однак календарні строки окремих фаз визначалися особливостями температурного режиму. стаття Отримані результати обґрунтовують доцільність комплексного використання фенологічного моніторингу та суми ефективних температур для короткострокового прогнозування появи найбільш небезпечних стадій E. integriceps і уточнення оптимальних строків проведення захисних заходів у посівах пшениці озимої.

Ключові слова: *пшениця озима, Eurygaster integriceps Put., фенологія, фенологічний календар, сума ефективних температур, фітосанітарний моніторинг, прогнозування.*

M. Yu. Zalievskyi
PhD student at the Department of Plant Protection and Quarantine,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: vakuuuula@gmail.com
orcid.org/0009-0000-0321-693X

PHENOLOGY OF SUNN PEST DEVELOPMENT IN WINTER WHEAT AGROCENOSES UNDER THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

The article presents the results of a study on the phenological characteristics of cereal bug development in winter wheat agrocenoses under the conditions of Kyiv Region, Ukraine. The study aimed to develop phenological calendars for cereal bugs based on systematic phytosanitary monitoring and to determine the effects of temperature conditions and the rate of effective temperature accumulation on the timing of the main developmental stages of the dominant species. The research was conducted during 2024–2026 at the CERERA-AGRO-TRAS private enterprise in winter wheat fields of the Avatar cultivar using generally accepted entomological monitoring methods. The phytosanitary monitoring revealed that the pest complex of winter wheat comprised 35 phytophagous species, including 10 species belonging to the order Hemiptera. The most economically important species were Eurygaster integriceps Put., Aelia acuminata L., and Schizaphis graminum Rond., whose population densities reached or exceeded the economic threshold. Based on field observations and calculations of accumulated effective temperatures, phenological calendars for E. integriceps were developed for three growing seasons. Considerable interannual variability was established in the timing of spring migration of overwintered adults, oviposition, larval development, and emergence of new-generation adults. The earliest occurrence of the main developmental stages was recorded in 2023–2024, when more rapid spring accumulation of effective temperatures resulted

in earlier pest activity; the first egg-laying was observed in the second and third ten-day periods of May, while new-generation adults emerged in the third ten-day period of June. In 2024–2025, lower spring temperatures shifted the phenological stages to later dates, whereas in 2025–2026, following a cold April, increasing temperatures in May and June accelerated pest development. The general sequence of the seasonal life cycle of E. integriceps remained consistent; however, the calendar timing of individual developmental stages varied depending on temperature conditions. The obtained results substantiate the feasibility of the integrated use of phenological monitoring and accumulated effective temperatures for short-term forecasting of the occurrence of the most harmful developmental stages of E. integriceps and for optimizing the timing of plant protection measures in winter wheat crops.
Key words: *winter wheat, Eurygaster integriceps Put., phenology, phenological calendar, effective temperature sum, phytosanitary monitoring, forecasting.*

Постановка проблеми. У світовому сільському господарстві пшениця озима займає перші місця за площами посіву (близько 220 млн. га) та валовими зборами зерна, а за останні 10 років виробництво зерна у світі коливалось у межах 550–630 млн [1]. Одним із шляхів збільшення валових зборів зерна пшениці озимої, є захист культури від шкідливих організмів, серед яких шкідники займають вагоме місце. Зміни клімату, що мають місце останніми роками на території України, призвели до того, що змінюється і екологічний оптимум різних видів членистоногих. Сприятливі зони розвитку поширюються на північ, що призводить до збільшення щільності популяції шкідників та перебудові домінуючих видів, та як наслідок до втрат потенційного врожаю у 30 відсотків і більше [2].

У видовому складі фітофагів зернових колосових культур, що нараховує близько 300 видів, значну частку становлять шкідники з ряду *Hemiptera*. До таких шкідників відносяться велика кількість видів шкідливих комах. Серед них слід виділити хлібних клопів, що пошкоджують пшеницю озиму та значно впливають на якісні показники зерна. Крім того, останніми роками внаслідок значних змін клімату відзначається збільшення ареалу поширення клопів, росту їх чисельності та збільшення шкідливості [3]. Для ефективного контролю фітофагів у посівах пшениці озимої потрібно застосовувати всі доступні методи та заходи захисту культури. При цьому основною для планування і проведення заходів захисту є прогноз, що базується на постійному фітосанітарному моніторингу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На території України пшеницю озиму пошкоджують близько 20 видів шкідників з ряду *Hemiptera*. З них найбільш шкідливими є фітофаги з родини Scutelleridae: а саме – *Eurygaster integriceps* Put., *E. maurus* L., *E. austriacus* Schrnk., *E. testudinarius* Geoffrs. та з родини *Pentatomoidea – Aelia acuminata* L. та *A. rostrata* Boch. За даними багатьох науковців, із клопів найбільшої шкоди завдає *Eurygaster integriceps* Put. або клоп шкідлива черепашка. В агроценозах цей вид зазвичай є домінуючим та займає близько 90% загальної кількості комах, тоді як *E. maurus* L. займає до 6,6%, *E. austriacus* Schrnk. та *Aelia acuminata* L. в межах 2% [4].

Прогноз розвитку шкідливих організмів є важливим елементом системи захисту будь якої сільськогосподарської культури. Своєчасні чтроки застосування засобів захисту рослин дозволяють знизити потребу в пестицидах та витратах на їх використання за рахунок високої ефективності дії проти найбільш вразливої фази шкідливого організму [5]. В сучасному землеробстві актуальність прогнозу розвитку шкідливих організмів зростає, що зумовлено погіршенням фітосанітарного стану агроценозів, через економічні та екологічні чинники, а також через військові дії, що сприяють неконтрольованому поширенню фітофагів та неможливістю застосувати засоби захисту [6].

Встановлено, що для кожного виду шкідників існують критичні періоди тривалістю 3–6 діб, упродовж яких погодні умови та захисні заходи найбільше впливають на чисельність і морфофізіологічний стан популяцій. Уточнення багаторічної динаміки фітофагів з урахуванням екологічних чинників дає змогу моделювати розвиток популяцій і прогнозувати їх адаптивність. Такі моделі забезпечують комплексне обґрунтування заходів захисту на основі фенології, щільності популяцій, фізіологічного стану шкідників і погодних умов [7].

Основним інструментом ефективного прогнозування в сучасних умовах залишається фітосанітарний моніторинг, що являє собою систему спостережень за видовим складом шкідників, їх динамікою, поширенням та потенційною шкідливістю популяцій, що завдають втрат сільськогосподарському виробництву [8].

Прогнозувати появу фітофагів можна за допомогою багатьох методів, проте саме метод фенологічних календарів розвитку шкідників дозволяє визначити фази рослин та фітофагів в які застосування засобів захисту будуть найбільш ефективними [9].

Метою статті є висвітлення побудови фенологічних календарів динаміки популяції хлібних клопів в посівах пшениці озимої на основі фітосанітарного моніторингу впродовж періоду досліджень в умовах ПП «ЦЕРЕРА-АГРО-ТРАС» Київської області.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження з фітосанітарного моніторингу проведено в умовах ПП «ЦЕРЕРА-АГРО-ТРАС» Київської обл. впродовж 2024–2026 рр. Для дослідження використано сорт пшениці озимої Аватар. Фітосанітарний моніторинг за шкідниками пшениці озимої проводили за методиками описаними Омелютою В. П., Станкевичем С. В., Забордіною І. В. та ін. [10–12]. Фенологію розвитку фітофагів порівнювали відповідно до даних наведених Мринським І. М. [8]. Суму ефективним температур розраховували за формулою $\text{СЕТ} = \sum(T_{сер} - T_0)$; пороги розвитку брали в науковій літературі [13].

Основні результати дослідження. Фітосанітарний моніторинг проведений під час досліджень в умовах ПП «ЦЕРЕРА-АГРО-ТРАС»

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

впродовж 2024–2026 років дозволив визначити шкідливий ентомокомплекс пшениці озимої, який складався з 35 видів фітофагів, що належали до семи рядів. При цьому, систематично із ряду *Coleoptera* були виявлені 10 видів шкідників, *Hemiptera* – 10 видів, *Diptera* – 5 видів, *Thysanoptera* – 3 види, *Lepidoptera* – 3 види, *Homoptera* – 2 види, *Hymenoptera* – види, а також *Orthoptera* – 1 вид [14].

Як видно з рис. 1, ряд *Hemiptera* мав найбільшу кількість шкідливих видів поряд з рядом *Coleoptera* та займав 27,8% від загальної кількості видів.

Значне видове різноманіття шкідників із ряду напівтвердокрилих свідчить про сприятливі умови для їх розвитку в агроценозі пшениці озимої. Чисельність фітофагів по видах наведені в таблиці 1.

Попри значну кількість видів, небезпечними для пшениці озимої впровдож трьох років був *Eurygaster integriceps* Put., Aelia acuminata L. та *Schizaphis graminum* Rond., що стабільно були в межах або перевищували економічний поріг шкідливості. Крім того, в окремі роки показника ЕПШ за чисельністю досягали види Aelia rostrata Boh. та Lygus rugulipennis Popp.

Відповідно до отриманих даних для прогнозування строків появи фітофагів в посівах пшениці озимої та строків застосування засобів захисту були складені фенологічні календарі розвитку *Eurygaster integriceps* Put., що вважається найбільш небезпечним для культури видом (табл. 2–4). При цьому користувались власними спостереженнями за появою шкідників у посівах культури, погодними умовами в період досліджень та науковою літературою [9].

Погодні умови 2023–2024 вегетаційного сезону були сприятливими для розвитку *Eurygaster integriceps* Put. Спостерігалось раннє накопичення суми ефективних температур для проходження фаз розвитку фітофага. За даними науковців, вихід клопів із місць зимівлі спостерігається за СЕТ 50,9–68,8 °С [15, 16]. Така сума СЕТ в наших дослідженнях накопичилась за розрахунками на кінець місяця і становила 69 °С, що сприяло ранньому пробудженню зимуючих імаго фітофага та початку міграції на посіви пшениці, що тривала до II декади травня, що підтверджується і нашими обліками впродовж вегетації (табл. 2).

Поява перших яйцекладок спостерігалась у II–III декаді травня, а розвиток личинок I–V віків впродовж III декади травня – III декади червня. Поява імаго нового покоління була нами зафіксована в III декаді червня, проте за розрахунками мала б з'явитись в II декаді, за досягнення СЕТ 410 °С.

Температура повітря навесні 2024–2025 вегетаційного періоду пшениці озимої була порівняно нижча за аналогічний період минулого року. За розрахунками СЕТ за квітень було накопичено

Таблиця 1

Видовий склад та чисельність шкідників ряду Hemiptera

№ з/п	Вид	Чисельність, екз/м²			ЕПШ
		2024	2025	2026	
1	*Eurygaster integriceps* Put.	4,1	5,2	4,3	2-4
2	*Eurygaster maurus* L.	0,1	0,4	0,2	2-4
3	*Eurygaster austriaca* Schrank.	0,4	0,5	0,3	2-4
4	*Aelia acuminata L.*	2,0	3,6	2,7	1-3
5	*Aelia rostrata* Boh.	0,7	0,3	1,1	1-3
6	*Trigonotylus ruficornis* Geoffr.	11,7	5,3	13,4	20-30
7	*Lygus rugulipennis* Popp.	7,8	12,2	8,5	10-15
8	*Schizaphis graminum* Rond.	19,5	26,9	16,2	10-25
9	*Sitobion avenae* F.	7,9	9,6	7,0	10-25
10	*Brachycolus noxius* Mordv.	2,1	4,4	3,2	10-25

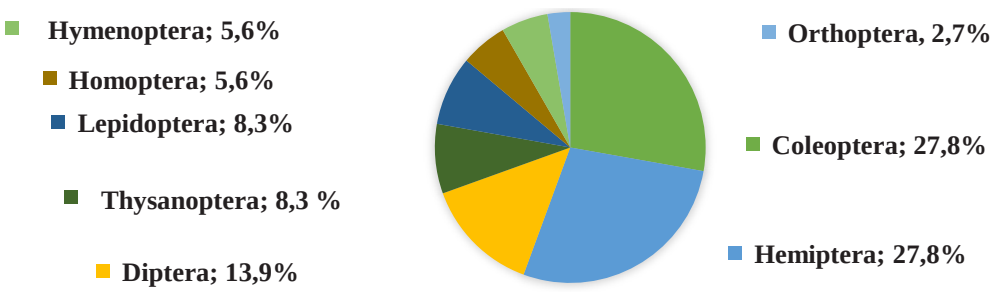


Рис. 1. Систематичне положення фітофагів пшениці озимої в період досліджень

42 °С, лише за рахунок теплої погоди в III декаді, що на 27 °С менше за попередній рік. Такі умови вплинули на масовий вихід імаго клопів із місць зимівлі та на їхню міграцію в посіви пшениці озимої (табл. 3). Масову появу черепашки фіксували в II декаді травня, а початок яйцекладки зміститься на кінець травня – початок червня. Розвиток личинок відбувався до кінця червня, а поява імаго нового покоління в першій декаді липня.

У наступному вегетаційному сезоні (2025–2026) квітень виявився найхолоднішим за роки досліджень. Температурні показники були нижчими за поріг +10 °С, тому фактичне накопичення СЕТ розпочалося лише у травні, що позначилось на перебігу фенології шкідника (табл. 4).

Завдяки значному підвищенню температури у травні та червні розвиток шкідника прискорився. В цілому за розрахунками СЕТ та фактичних обліків було зафіксовано масову міграцію в III декаді травня, розвиток личинок припав на кінець травня I декаду червня, а вихід імаго нового покоління аналогічно минулому року в I декаді липня.

Порівняння розроблених фенологічних календарів Eurygaster integriceps Put. впродовж досліджень 2023–2026 рр. з узагальненим фенологічним календарем І. М. Мринського (табл. 5) засвідчило збереження типової послідовності сезонного розвитку фітофага: весняна активізація імаго, їх міграція на посіви пшениці озимої, яйцекладка, проходження личинками п'яти віків, поява імаго нового покоління та їх подальше переміщення до місць зимівлі.

Разом з тим, строки проходження окремих фаз у роки досліджень характеризувалися помітною мінливістю, що було пов'язано з особливостями температурного режиму та темпами накопичення суми ефективних температур.

Найбільш раннє проходження основних фаз розвитку *Eurygaster integriceps* Put. відмічено у 2023–2024 рр., коли весняне накопичення СЕТ відбувалося інтенсивніше. У 2024–2025 рр. через нижчі температури весняного періоду спостерігалося зміщення міграції імаго, що перезимували, яйцекладки, появи личинок та формування імаго нового покоління на пізніші строки. У 2025–2026 рр. строки проходження основних фенологічних фаз займали проміжне положення.

Порівняно з узагальненим календарем І. М. Мринського, розраховані за сумою ефективних температур періоди розвитку яєць і личинок були більш компактними. Таку різницю можна пояснити тим, що узагальнений фенологічний календар відображає весь період зустрічуваності певної стадії в популяції, тоді як розрахунок за сумою ефективних температур характеризує переважно строки досягнення відповідного етапу розвитку основною частиною популяції. У природних умовах внаслідок розтягнутого періоду яйцекладки та неоднорідності мікрокліматичних умов відбувається перекривання вікових стадій, тому одночасно на посівах можуть зустрічатися яйця, личинки різних віків та імаго.

Таблиця 2

Фенологічний календар розвитку Eurygaster integriceps Put., 2023–2024 рр.

Пок.	III			IV			V			VI			VII			VIII			IX		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
					→	→	→	→													
								•	•												
									-	-	-	-									
												+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
													→	→							

Умовні позначення тут і далі за текстом:

• яйце

- личинка

+ імаго

→ міграція імаго в посіви або місця зимівлі

■ період шкідливості

Таблиця 3

Фенологічний календар розвитку Eurygaster integriceps Put., 2024–2025 рр.

Пок.	III			IV			V			VI			VII			VIII			IX		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
								→	→	→											
									•	•											
										-	-	-	-								
													+	+	+	+	+	+	+	+	+
														→	→						

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Таблиця 4

Фенологічний календар розвитку Eurygaster integriceps Put., 2025–2026 рр.

Пок.	III			IV			V			VI			VII			VIII			IX		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
								→	→												
									•	•											
										-	-	-	-								
												+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
													→	→							

Таблиця 5

Фенологічний календар розвитку Eurygaster integriceps Put. (за Мринським І. М.)

Пок.	III			IV			V			VI			VII			VIII			IX		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
						•	•	•	•	•											
							-	-	-	-	-	-	-	-							
												+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Висновки. За результатами фітосанітарного моніторингу посівів пшениці озимої в умовах ПП «ЦЕРЕРА-АГРО-ТРАС» впродовж 2024–2026 рр. встановлено, що ентомокомплекс культури був представлений 35 видами фітофагів із семи рядів, серед яких значну частку становили представники Hemiptera. Найбільш небезпечними впродовж років досліджень були Eurygaster integriceps Put., Aelia acuminata L. та Schizaphis graminum Rond., чисельність яких перебувала в межах або перевищувала економічний поріг шкідливості.

Відповідно до поставленої мети на основі польових спостережень, результатів фітосанітарного моніторингу та розрахунку суми ефективних температур побудовано фенологічні календарі розвитку Eurygaster integriceps Put. за 2023–2026 рр. Встановлено, що строки міграції імаго, що перезимували в посіви, яйцекладки, розвитку личинок і появи імаго нового покоління істотно змінювалися залежно від температурних умов весняно-літнього періоду та темпів накопичення суми ефективних температур. Найбільш раннє проходження основних фаз розвитку відмічено у 2023–2024 рр., тоді як у 2024–2025 рр. нижчі температури весняного періоду зумовили зміщення фенологічних фаз на пізніші строки. У 2025–2026 рр. строки розвитку шкідника займали проміжне положення.

Отримані результати мають наукову цінність, що полягає в уточненні строків проходження основних фенологічних фаз E. integriceps в агроценозі пшениці озимої за різних температурних умов та практичне значення що полягає у можливості їх використання для прогнозування строків появи найбільш небезпечних стадій шкідника та уточнення оптимальних строків проведення захисних заходів. Подальші дослідження фенології розвитку основних фітофагів пшениці озимої дадуть змогу підвищити точність короткострокового прогнозування та ефективність системи захисту культури.

Подяки. Це дослідження виконувалося у 2024–2026 роках відповідно до загальноуніверситетської наукової тематики Уманського національного університету «Збалансоване використання, прогнозування та управління природно-ресурсним потенціалом агроекосистем України» (0121U112521) та «Природні ресурси України – збереження, раціональне (збалансоване) використання інноваційних технологій» (0126U000146).

Фінансування дослідження. Дане дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів.

Авторський внесок. Залєвський М. Ю.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; розробка програмного забезпечення; валідація відтворюваності результатів; аналіз даних; проведення експерименту або збирання даних; забезпечення ресурсами таобладнанням; управління даними; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування; графічне представлення результатів; наукове керівництво; адміністрування процесу.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки цього рукопису автор використовував ChatGPT-5 (мовну модель штучного інтелекту) для вдосконалення мовного оформлення та покращення чіткості викладу. Після використання цього інструменту автор ретельно переглянув, перевірив та відредагував весь згенерований контент, щоб забезпечити його точність, оригінальність і відповідність академічним стандартам. Автор несе повну відповідальність за зміст, результати та висновки, представлені в цій публікації.

References

1. Polianetska, I.O., & Makarchuk, M.O. (2022). Pokaznyky vmistu bilka i sklovydnosti populiatsii pshenytsi miakoi ozymoi v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Indicators of protein content and vitreousness of soft winter wheat populations under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Naukovyi prostir: aktualni pytannia, dosiahnennia ta innovatsii: materialy III Mizhnarodnoi naukovoi konferentsii*, Khmelnytskyi, May 13, 2022. Vinnytsia: Yevropeiska naukova platforma, pp. 273–275 [in Ukrainian].

2. Krut, M.V., Fedorenko, A.V., & Bakhmut, O.O. (2025). Problemy prohnozuvannia fitosanitarnoho stanu ahrotsenoziv Ukrainy: innovatsiini rozrobky [Problems of forecasting the phytosanitary state of agrocenoses of Ukraine: innovative developments]. *Zakhyst i karantyn roslyn u XXI stolitti: problemy i perspektyvy: materialy IV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*, Kharkiv, October 23–24, 2025. Kharkiv: Pravo, pp. 158–163. https://doi.org/10.31359/9786178617578 [in Ukrainian].

3. Yarchuk, I.I., Chernykh, S.A., & Lemishko, S.M. (2021). Ekolohichna otsinka yakosti zerna sortiv pshenytsi ozymoi, poshkodzhenoi klopom shkidlyvoiu cherepashkoiu (*Eurygaster integriceps* Put.), v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrainy [Ecological assessment of grain quality of winter wheat varieties damaged by Sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 120, 253–260. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.32 [in Ukrainian].

4. Storozhenko, V.O. (2018). Kontrol chyselnosti khlibnykh klopiv v ahrotsenozi pshenytsi ozymoi [Control of cereal bug abundance in winter wheat agrocenosis]. *Innovatsiini tekhnolohii v ahronomii, zemleustroi ta sadovo-parkovomu hospodarstvi: tezy dopovidei Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii mahistrantiv*, Bila Tserkva, November 22, 2018, pp. 22–24 [in Ukrainian].

5. Stankevych, S.V., Zabrodina, I.V., & Melenti, V.O. (2025). Khronika masovykh rozmnozhen holovnykh shkidnykiv silskohospodarskykh kultur i lisovykh nasadzhen [Chronicle of mass outbreaks of the main pests of agricultural crops and forest plantations]. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 143(2), 83–95. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.11 [in Ukrainian].

6. Fedorenko, A.V., Borzykh, O.I., Fedorenko, V.P., Chaika, V.M., & Yushchenko, L.P. (2025). Naukovi osnovy prohnozuvannia poshyrennia shkidnykiv [Scientific foundations for forecasting pest distribution]. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 1(280), 3–13. https://doi.org/10.36495/2312-0614.2025.1.3-13 [in Ukrainian].

7. Dolia, M.M., Moroz, S.Yu., Kostrych, D.V., Mamchur, R.M., & Bobonych, Ye.F. (2023). Populiatsiina adaptyvnist dominuiuchykh komakh-fitofahiv i entomofahiv za prohresyvnykh tekhnolohii zakhystu roslyn v Ukraini [Population adaptability of dominant phytophagous insects and entomophages under progressive plant protection technologies in Ukraine]. *Zroshuvane Zemlerobstvo*, 79, 33–39. https://doi.org/10.32848/0135-2369.2023.79.4 [in Ukrainian].

8. Fedorenko, V.P., & Fedorenko, A.V. (2023). Naukovi osnovy prohnozuvannia poshyrennia shkidnykiv v ahrotsenozakh Ukrainy [Scientific foundations for forecasting pest distribution in agrocenoses of Ukraine]. *Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "X Zizd Ukrainskoho entomolohichnoho tovarystva"*, Kyiv, October 2–6, 2023, pp. 152–154 [in Ukrainian].

9. Mrynskyi, I.M. (2020). *Fenolohichni sposterezhennia za rozvytkom shkidnykiv: navchalnyi posibnyk* [Phenological observations of pest development: textbook]. Kherson: OLDI-PLIUS, 168 p. [in Ukrainian].

10. Omeliuta, V.P., Hryhorovych, I.V., Chaban, V.S., et al. (1986). *Oblik shkidnykiv i khvorob silskohospodarskykh kultur* [Monitoring of pests and diseases of agricultural crops]. Kyiv: Urozhai, 294 p. [in Ukrainian].

11. Stankevych, S.V., & Zabrodina, I.V. (2016). *Monitorynh shkidnykiv silskohospodarskykh kultur* [Monitoring of agricultural crop pests]. Kharkiv: Brovin O.V., 216 p. [in Ukrainian].

12. Stankevych, S.V., & Zabrodina, I.V. (2016). *Ekonomichni porohy shkidlyvosti osnovnykh shkidnykiv silskohospodarskykh kultur* [Economic thresholds of harmfulness of the main pests of agricultural crops]. Kharkiv, 24 p. [in Ukrainian].

13. Amir-Maafi, M., & Parker, B.L. (2025). Temperature requirements for immature stages of Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae). *Journal of Entomological Society of Iran*, 45(2), 151–160. https://doi.org/10.22034/jesi.45.2.1

14. Zalievskyi, M.Yu. (2026). Dynamika osnovnykh fitofahiv pshenytsi ozymoi v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Dynamics of the main phytophagous pests of winter wheat under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 150, 81–86. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.150.10 [in Ukrainian].

15. Melnichuk, F., Alekseeva, S., Hordiienko, O., Nychyporuk, O., & Borysenko, A. (2023). Influence of irrigation on the Sunn pest *Eurygaster integriceps* Put. (Insecta: Heteroptera) in the Central Forest-Steppe of Ukraine. *Ecological Questions*, 34(2), 101–107. https://doi.org/10.12775/EQ.2023.022

16. Rsaliyev, S., Sarbaev, A., Eserkenov, A., Bastaubayeva, S., Orazaliev, N., Baimagambetov, A., & Yermekbayev, K. (2025). Assessment of agroecological factors shaping the population dynamics of Sunn pest (*Eurygaster integriceps* Puton) in Kazakhstan. *Ecologies*, 6, 81. https://doi.org/10.3390/ecologies6040081

Дата першого надходження статті до видання: 30.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 634.11:634.1-634.1.055:634.1.076
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-51-56



В. В. Заморський
доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри плодівництва і виноградарства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: volzam@gmail.com;
orcid.org/0000-0002-7437-9071



М. В. Кирієнко
аспірант кафедри плодівництва і виноградарства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: 131180g@gmail.com;
orcid.org/0009-0003-5277-6150

ВПЛИВ ФОЛІАРНОГО ЖИВЛЕННЯ НА РІСТ, ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЯГІД НОВИХ СОРТІВ ВИНОГРАДУ В ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

У статті наведено результати досліджень впливу фоліарного живлення на ріст, продуктивність та якість ягід сортів винограду в умовах Правобережного Лісостепу України. Дослідження проводили у 2024–2025 рр. на винограднику Навчально-виробничого відділення Уманського національного університету, закладеному у 2022 р. за схемою 3 × 1,5 м. Об'єктами досліджень були столові сорти Кишмиш Таїровський і Загадка та технічні сорти Мускат Одеський і Загрей. Випробовували три комплекси фоліарного живлення, до складу яких входили Нутрівант Плюс Плодовий, Ікар NB 5-17, Ікар Елайз, Крузеро, Флорон та Фітомаре. Встановлено, що фоліарне внесення добрив істотно стимулювало ростові процеси та формування листкового апарату виноградних рослин. Найвищі показники загальної довжини пагонів і пасинків, площі листя на пагонах і пасинках та загальної листкової поверхні у всіх досліджуваних сортів формувалися за застосування комплексу 1. У столового сорту Кишмиш Таїровський загальна довжина пагонів за цього варіанта становила 11,1 м проти 7,2 м у контролі, а у сорту Загадка – 7,9 проти 4,7 м. Аналогічну закономірність встановлено у технічних сортів. Найвищу ефективність фоліарного живлення щодо урожайності також забезпечував комплекс 1. Урожайність сорту Кишмиш Таїровський зросла до 10,00 т/га, Загадка – до 12,89, Мускат Одеський – до 8,44, Загрей – до 8,67 т/га. Приріст урожайності порівняно з контролем становив відповідно 87,5; 38,1; 46,0 та 39,3%. Водночас вплив фоліарного живлення на хімічний склад ягід мав виражену сортову специфічність. Для Кишмишу Таїровського найкращі показники цукронакопичення отримано за комплексів 2 і 3, тоді як у Загрею – за комплексу 2. У Мускату Одеського максимальний вміст сухих розчинних речовин і цукрів відзначено за комплексу 3. Зміни вмісту органічних кислот у більшості варіантів були неістотними. Отже, комплекс 1 виявився найбільш ефективним для стимулювання росту та підвищення урожайності досліджуваних сортів винограду, тоді як оптимізація якісних показників ягід потребує диференційованого підходу з урахуванням сортових особливостей.
Ключові слова: *виноград, сорт, фоліарне живлення, ріст, продуктивність.*

V. V. Zamorsky
Professor at the Department of Horticulture and Viticulture,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: volzam@gmail.com
orcid.org/0000-0002-7437-9071
M. V. Kirienko
Graduate student at the Department of Horticulture and Viticulture,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: 131180g@gmail.com
orcid.org/0009-0003-5277-6150

THE EFFECT OF FOLIAR FEEDING ON THE GROWTH, YIELD, AND QUALITY OF BERRIES IN GRAPE VARIETIES IN THE FOREST-STEPPE REGION OF UKRAINE

This article presents the results of studies on the effect of foliar feeding on the growth, productivity, and quality of grapes in the Right-Bank Forest-Steppe region of Ukraine. The research was conducted in 2024–2025 at the vineyard of the Educational and Production Department of Uman National University, which was planted in 2022 using a 3 × 1.5 m layout. The study subjects

were the table grape varieties Kishmish Tairovsky and Zagadka, and the wine grape varieties Muscat of Odessa and Zagrey. Three foliar fertilization regimens were tested, consisting of Nutrivant Plus Fruit, Ikar NB 5-17, Ikar Elize, Kruzero, Floron, and Fitomare. It was found that foliar fertilization significantly stimulated growth processes and the development of the foliage of grapevines. The highest values for the total length of shoots and side shoots, the leaf area on shoots and side shoots, and the total leaf surface area in all studied varieties were observed when Complex 1 was applied. For the table grape variety Kishmish Tairovsky, the total shoot length under this treatment was 11.1 m compared to 7.2 m in the control, and for the variety Zagadka, it was 7.9 m compared to 4.7 m. A similar pattern was observed in wine grape varieties. Complex 1 also provided the highest efficiency of foliar feeding in terms of yield. The yield of the Kishmish Tairovsky variety increased to 10.00 t/ha, Zagadka to 12.89, Muscat of Odessa to 8.44, and Zagrey to 8.67 t/ha. The increase in yield compared to the control was 87.5%, 38.1%, 46.0%, and 39.3%, respectively. At the same time, the effect of foliar feeding on the chemical composition of the berries showed pronounced variety-specific characteristics. For Kishmish Tairovsky, the best sugar accumulation results were obtained with complexes 2 and 3, while for Zagrey–with complex 2. In Muscat of Odessa, the maximum content of dry soluble substances and sugars was observed with complex 3. Changes in the content of organic acids were insignificant in most variants. Thus, Complex 1 proved to be the most effective for stimulating growth and increasing the yield of the studied grape varieties, while optimizing the quality characteristics of the berries requires a differentiated approach that takes into account varietal characteristics.
Key words: *grapevine, cultivars, foliar fertilization, plant growth, productivity.*

Постановка проблеми. Фоліарне живлення є одним із ключових факторів, що визначають інтенсивність росту, формування листкової поверхні, розвиток генеративних органів, урожайність та якість ягід винограду. Виноградна рослина є багаторічною культурою, у якій поживні речовини не лише використовуються для формування поточного врожаю, а й накопичуються у багаторічній деревині та кореневій системі. Тому оптимізація живлення фоліарним методом є актуальним питанням, особливо для вивчення нових сортів в умовах Лісостепу України.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Особливе значення у формуванні продуктивності винограду має азот. Він бере участь у синтезі білків, хлорофілу, нуклеїнових кислот та інших фізіологічно активних сполук [1]. Сучасні агротехнічні заходи на виноградниках передбачають позакореневе внесення азоту. Фоліарне застосування препаратів зі вмістом азоту розглядається як спосіб оперативного коригування азотного статусу рослин, особливо за недостатнього забезпечення азотом через кореневу систему. Дослідники з Австралії вважають [2], що ефективність такого підживлення залежить від строків внесення, концентрації розчину, сорту, водного режиму та початкового азотного статусу рослин Тому позакореневе живлення може бути важливим елементом інтегрованої системи удобрення виноградників.

Такі елементи як кальцій і магній разом із азотом, фосфором і калієм формують комплекс мінерального живлення виноградної рослини. Сучасні підходи передбачають оцінювання не окремого елемента, а загального балансу поживних речовин. Так, метод композиційної діагностики живлення (CND) дає змогу встановлювати критичні рівні та діапазони достатнього забезпечення рослин макро– і мікроелементами з урахуванням урожайності. Проведені у Бразилії дослідження вісімдесят одного виноградника Vitis vinifera L. показало [3], що багатокомпонентна діагностика є точнішою для оцінювання поживного статусу, ніж аналіз окремого елемента

Новітнім напрямом в сучасному удобренні виноградників є перехід до точного управління живленням. Проведені в Китаї дослідження сорту ‘87-1’ передбачало визначення потреби рослин у N, P, K, Ca і Mg протягом окремих фенологічних фаз та розроблення моделі точного удобрення [4]. Середня потреба на формування 1000 кг плодів становила близько 4,37 кг N, 1,78 кг P, 4,84 кг K, 7,15 кг Ca і 1,04 кг Mg. При цьому співвідношення поглинання елементів змінювалося протягом вегетації [4]. Подібні закономірності підтверджені проведеними в Південній Африці дослідженнями 2026 року, в яких встановлено сезонну динаміку поглинання N, P, K, Ca, Mg та мікроелементів за вирощування винограду у відкритому і захищеному ґрунті [5].

Проведені дослідження на виноградниках України підтверджують значний вплив системи живлення на продуктивність винограду. В умовах півдня Одеської області встановлено, що частка впливу добрив на урожайність та загальний розвиток кущів становила 10–15%, а поєднання краплинного зрошення з підживленням комплексними добривами NOVALON забезпечувало істотне підвищення продуктивності сортів Аркадія та Рошфор [6]. Для умов Правобережного Лісостепу України особливе значення мають дослідження сортової адаптивності винограду. В умовах Хмельниччини встановлено, що сорти Каберне Совіньйон і Рислінг Магарача здатні формувати стабільну продуктивність, а тривалість їх вегетаційного періоду становила 130–140 діб [7]. Також дослідження агробіологічних особливостей сортів Ароматний і Загрей в умовах Правобережного Лісостепу України показало, що зміна щільності насаджень істотно впливає на навантаження пагонами, урожайність та цукристість ягід [8].

Таким чином, аналіз сучасних досліджень показує, що продуктивність винограду визначається не окремою дозою мінеральних добрив, а взаємодією системи живлення із сортовими особливостями, водним режимом, ґрунтовими умовами та погодними чинниками. Найбільш перспективним напрямом є диференційоване управління живленням на основі ґрунтової та рослинної діагностики, врахування сезонної динаміки поглинання елементів і оптимізації співвідношення N, P, K, Ca та Mg [1, 9, 10].

Метою статті є встановлення впливу фоліарного живлення на ріст, продуктивність та якість ягід сортів винограду в Лісостепу України.

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Таблиця 1

Показники росту кущів столових сортів винограду залежно від фоліарного внесення добрив (середнє за 2024–2025 рр.)

Сорти	Варіанти	Загальна довжина пагонів, м	Загальна довжина пасинків, м	Площа листя на пагонах, м²	Площа листя на пасинках, м²	Загальна площа листя, м²
Кишмиш Таїровський	Контроль	7,2	14,4	0,69	0,32	1,01
	Комплекс 1	11,1	22,2	1,07	0,49	1,56
	Комплекс 2	8,4	16,8	0,81	0,37	1,18
	Комплекс 3	8,6	20,4	0,83	0,45	1,28
Загадка	Контроль	4,7	9,4	0,45	0,21	0,66
	Комплекс 1	7,9	15,8	0,76	0,35	1,11
	Комплекс 2	6,4	12,8	0,62	0,28	0,90
	Комплекс 3	7,0	14,0	0,67	0,31	0,98
$НІР_{05}$		0,4	0,8	0,03	0,01	0,04

Методика дослідження. Вплив фоліарного живлення випробовували на сортах винограду в умовах Правобережного Лісостепу України. Виноградник був закладений в умовах Навчально виробничого відділення Уманського національного університету у 2022 році за схемою садіння 3 х 1,5 м. Дослідження проводили у 2024–2025 роках. Об'єктами досліджень були столові сорти винограду Кишмиш Таїровський та Загадка, технічних сорти Мускат одеський і Загрей При фоліарному внесенні добрив використовували три комплекси. Перший включав препарати: Нутрівант Плюс Плодовий (4,0 л/га), Ікар NB 5-17 (1,0 л/га), Ікар Елайз 1.0 л/га), Крузеро (1,0 л/га) та Флорон (0,5 л/га). Комплекс №2 в своєму складі мав: Нутрівант Плюс Плодовий (4,0 л/га), Ікар NB 5-17 (1,0 л/га), Ікар Елайз 1.0 л/га) та Крузеро (1,0 л/га). Третій комплекс складався з препаратів: Нутрівант Плюс Плодовий (4,0 л/га), Ікар NB 5-17 (1,0 л/га), Ікар Елайз 1.0 л/га) та Фітомаре (1,0 л/га). Дослідження проводили згідно методики М.О. Бублика [11]. Фоліарне внесення добрив проводили у фази розвитку винограду: поява суцвіть, ягоди як зерно, закриття грон та дозрівання ягід, Визначали показники росту, урожайність кущів винограду та хімічний склад ягід. При встановленні суттєвої істотної різниці користувались багатофакторним дисперсійним аналізом [12].

Основні результати дослідження. Вплив фоліарного внесення добрив на основні показники росту кущів столових сортів винограду «Кишмиш Таїровський» та «Загадка» наведені в таблиці 1. Аналіз отриманих даних показує, що у контрольному варіанті загальна довжина пагонів сорту «Кишмиш Таїровський» становила 7,2 м, тоді як у варіантах із фоліарним підживленням вона зростала до 8,4–11,1 м. Найвищий показник отримано за застосування Комплексу 1 – 11,1 м, що на 3,9 м, або 54,2%, більше порівняно з контролем. Застосування комплексу 2 забезпечило збільшення довжини пагонів до 8,4 м (+16,7%), а комплексу 3 – до 8,6 м (+19,4%). У сорту винограду «Загадка» встановлено аналогічну тенденцію.

Отримані результати свідчать, що фоліарне внесення добрив позитивно й істотно впливало на ростові процеси та формування листкового апарату досліджуваних столових сортів винограду. У всіх варіантах удобрення порівняно з контролем збільшувалися загальна довжина пагонів і пасинків, площа листя на пагонах та пасинках, а також загальна площа листкової поверхні.

Найефективнішим виявився комплекс 1, який у обох сортів забезпечив максимальні значення всіх досліджуваних показників. Комплекс 3 за ефективністю посідав друге місце, тоді як комплекс 2 мав найменший, хоча також позитивний вплив.

Наведені в таблиці 2 отримані результати фоліарного внесення добрив показують, що воно істотно підвищувало урожайність досліджуваних столових сортів винограду порівняно з контролем. Найефективнішим серед досліджуваних варіантів виявився комплекс 1, який забезпечив урожайність 4,5 кг/кущ (10,00 т/га) у сорту Кишмиш Таїровський та 5,8 кг/кущ (12,89 т/га) у сорту Загадка.

Порівняно з контролем приріст урожайності за комплексом 1 становив 87,5% у сорту Кишмишу Таїровського та 38,1% у сорту винограду Загадка. Комплекс 3 за ефективністю поступався комплексу 1, але перевищував комплекс 2 у обох сортів. Сорт винограду Загадка характеризувався вищою урожайністю за всіма варіантами

Таблиця 2

Урожайність кущів столових сортів винограду залежно від фоліарного внесення добрив (середнє за 2024–2025 рр.)

Сорти	Варіанти	Урожайність	
		кг/кущ	т/га
Кишмиш Таїровський	Контроль	2,4	5,33
	Комплекс 1	4,5	10,00
	Комплекс 2	3,5	7,78
	Комплекс 3	3,8	8,44
Загадка	Контроль	4,2	9,33
	Комплекс 1	5,8	12,89
	Комплекс 2	4,9	10,89
	Комплекс 3	5,0	11,1
$НІР_{05}$		0,2	0,2

Таблиця 3

Хімічний склад ягід столових сортів винограду залежно від фоліарного внесення добрив (середнє за 2024–2025 рр.)

Сорти	Варіанти	Сухі розчині речовини, %	Цукри, %	Органічні кислоти, г/дм³
Кишмиш Таїровський	Контроль	18,8	17,8	4,5
	Комплекс 1	18,2	17,0	4,7
	Комплекс 2	19,8	18,4	4,3
	Комплекс 3	19,5	18,2	4,2
Загадка	Контроль	18,0	16,8	4,2
	Комплекс 1	17,8	15,6	4,5
	Комплекс 2	18,8	15,9	4,1
	Комплекс 3	18,6	15,8	4,1
$НІР_{05}$		0,6	0,6	0,2

Таблиця 4

Показники росту кущів технічних сортів винограду залежно від фоліарного внесення добрив (середнє за 2024–2025 рр.)

Сорти	Варіанти	Загальна довжина пагонів, м	Загальна довжина пасинків, м	Площа листя на пагонах, м²	Площа листя на пасинках, м²	Загальна площа листя, м²
Мускат Одеський	Контроль	7,4	14,8	0,71	0,33	1,04
	Комплекс 1	9,4	18,8	0,91	0,41	1,32
	Комплекс 2	7,8	15,6	0,75	0,34	1,10
	Комплекс 3	8,2	16,4	0,79	0,36	1,15
Загрей	Контроль	12,2	24,4	1,18	0,54	1,71
	Комплекс 1	16,7	33,4	1,61	0,74	2,35
	Комплекс 2	13,9	27,8	1,34	0,61	1,95
	Комплекс 3	14,6	29,2	1,41	0,64	2,05
$НІР_{05}$		0,4	0,4	0,04	0,02	0,05

досліду порівняно з сортом Кишмиш Таїровський, що вказує на його вищу продуктивність та позитивну реакцію на оптимізацію мінерального живлення. Важливо те, що різниця між варіантами перевищувала значення $НІР_{05}$, що підтверджує достовірність впливу фоліарного підживлення на урожайність винограду столових сортів.

Важливим є встановлення хімічного складу ягід винограду. Результати, представлені в таблиці 3 показують, що у сорту Кишмиш Таїровський найбільш ефективним виявився комплекс 2, який забезпечив максимальний вміст сухих розчинних речовин – 19,8%, найвищу цукристість – 18,4%, а також зниження концентрації органічних кислот до 4,3 г/дм³.

Комплекс 3 у сорту Кишмиш Таїровський також позитивно вплинув на якість ягід, підвищивши вміст сухих розчинних речовин до 19,5% і цукрів до 18,2% та знизивши кислотність до 4,2 г/дм³. У сорту Загадка комплекси 2 і 3 підвищували вміст сухих розчинних речовин до 18,8 та 18,6%, але не забезпечили збільшення цукристості порівняно з контролем. Комплекс 1 загалом характеризувався менш сприятливою дією: у обох сортів він знижував уміст цукрів, а також спричиняв підвищення кислотності ягід. Сорт винограду Кишмиш Таїровський в цілому характеризувався вищим потенціалом цукронакопичення та більш позитивною реакцією на фоліарне живлення, ніж сорт Загадка.

Аналіз результатів внесення фоліарного добрива на технічні сорти (таблиця 4) показав, що їх дія позитивно впливала на ріст кущів обох досліджуваних сортів винограду, сприяючи збільшенню довжини пагонів і пасинків та формуванню більшої листкової поверхні.

Найбільш ефективним варіантом був комплекс 1, який забезпечив максимальні значення всіх досліджуваних показників. Реакція сорту Мускат Одеський на комплекс 1 характеризувалася збільшенням загальної довжини пагонів на 27,0%, пасинків – на 27,0%, а загальної площі

Таблиця 5

Урожайність кущів технічних сортів винограду залежно від фоліарного внесення добрив (середнє за 2024–2025 рр.)

Сорти	Варіанти	Урожайність	
		кг/ кущ	т/га
Мускат Одеський	Контроль	2,6	5,78
	Комплекс 1	3,8	8,44
	Комплекс 2	3,1	6,89
	Комплекс 3	3,4	7,55
Загрей	Контроль	2,8	6,22
	Комплекс 1	3,9	8,67
	Комплекс 2	3,2	7,11
	Комплекс 3	3,5	7,78
$НІР_{05}$		0,2	0,2

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Таблиця 6

Хімічний склад ягід технічних сортів винограду залежно від фоліарного внесення добрив (середнє за 2024–2025 рр.)

Сорти	Варіанти	Сухі розчині речовини, %	Цукри, %	Органічні кислоти, г/дм³
Мускат Одеський	Контроль	18,9	17,8	5,0
	Комплекс 1	18,2	17,1	5,3
	Комплекс 2	19,1	18,0	5,1
	Комплекс 3	19,2	18,1	5,1
Загрей	Контроль	18,2	17,0	5,3
	Комплекс 1	18,0	16,9	5,6
	Комплекс 2	18,9	17,7	5,4
	Комплекс 3	18,7	17,5	5,4
$НІР_{05}$		0,6	0,6	0,2

листя – на 26,9% порівняно з контролем. У сорту Загрей дія комплексу 1 була ще більш вираженою: загальна довжина пагонів збільшилася на 36,9%, пасинків – на 36,9%, а загальна площа листя – на 37,4%. Згідно зі значеннями $НІР_{05}$, перевага комплексу 1 над контролем за всіма показниками є статистично достовірною. Сорт винограду Загрей відзначався більшою потенційною силою росту, ніж Мускат Одеський, що проявлялося у вищій довжині пагонів і пасинків та більшій площі листкової поверхні як на контролі, так і за фоліарного підживлення.

Проведені нами дослідження показують (таблиця 5), що фоліарне внесення добрив істотно підвищувало урожайність кущів технічних сортів винограду порівняно з контролем. Найефективнішим виявився комплекс 1, який забезпечив урожайність 8,44 т/га у сорту Мускат Одеськиц та 8,67 т/га у сорту винограду Загрей. Порівняно з контролем приріст урожайності за Комплексу 1 становив відповідно 46,2 та 39,3%, що свідчить про високу ефективність даного варіанта фоліарного живлення.

Комплекс 3 за ефективністю посідав друге місце, тоді як комплекс 2 забезпечував найменший приріст урожаю серед досліджуваних систем удобрення. Сорт винограду Загрей формував дещо вищу урожайність, ніж Мускат Одеський, однак різниця між сортами не перевищувала $НІР_{05}$ і тому статистично не підтверджена.

Використання фоліарного внесення добрив також істотно впливало на хімічний склад ягід технічних сортів винограду, однак характер і сила реакції залежали від сорту та складу комплексу добрив (таблиця 6). Так, для сорту Мускат Одеський найвищі абсолютні значення сухих розчинних речовин і цукрів встановлено за комплексу 3 – 19,2 і 18,1% відповідно, однак їх перевага над контролем не була статистично достовірною. Також для сорту винограду Загрей найбільш ефективним був комплекс 2, за якого вміст сухих розчинних речовин і цукрів достовірно підвищився до 18,9 і 17,7% відповідно. Разом з тим, комплекс 1 не проявив позитивного ефекту щодо цукронакопичення: у Мускату Одеського, оскільки він достовірно знижував уміст сухих розчинних речовин і цукрів, а у сорту Загрей формував лише тенденцію до зниження цих показників.

Вплив досліджуваних варіантів на органічні кислоти був менш вираженим. У більшості випадків зміни не перевищували $НІР_{05}$, що свідчить про відносну стабільність кислотного складу ягід.

Висновки. Комплекс 1 (Нутрівант Плюс Плодовий (4,0 л/га), Ікар NB 5-17 (1,0 л/га), Ікар Елайз 1.0 л/га), Крузеро (1,0 л/га) та Флорон (0,5 л/га)) виявився найбільш перспективним варіантом фоліарного живлення для досліджуваних столових та технічних сортів винограду. Рекомендується як найбільш ефективний варіант фоліарного удобрення для підвищення продуктивності досліджуваних столових сортів винограду, особливо для сорту Кишмиш Таїровський. Найбільш перспективним для підвищення якісних показників винограду Кишмиш Таїровський виявився комплекс 2 (Нутрівант Плюс Плодовий (4,0 л/га), Ікар NB 5-17 (1,0 л/га), Ікар Елайз 1.0 л/га) та Крузеро (1,0 л/га)), тоді як для сорту Загадка позитивний ефект фоліарного живлення проявлявся переважно у збільшенні вмісту сухих розчинних речовин та помірному зниженні кислотності, без відповідного підвищення цукристості. З технологічної точки зору комплекс 2 для сорту винограду Загрей і комплекс 3 (Нутрівант Плюс Плодовий (4,0 л/га), Ікар NB 5-17 (1,0 л/га), Ікар Елайз 1.0 л/га) та Фітомаре (1,0 л/га)) для сорту Мускат Одеський можна розглядати як найбільш перспективні варіанти фоліарного живлення для підтримання високого рівня цукронакопичення та сухих розчинних речовин у ягодах.

Подяки. Автори висловлюють вдячність Уманському національному університету за надання лабораторної бази та організаційну підтримку під час виконання дослідження.

Фінансування дослідження. Дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Автори цього дослідження погоджуються з вимогами European Association of Science Editors (EASE), щодо розкриття інформації про конфлікт інтересів та заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки

рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ-асистовані технології не використовувалися.

Авторський внесок.

Заморський В. В.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; валідація відтворюваності результатів; аналіз даних; проведення експерименту забезпечення ресурсами та обладнанням; управління даними; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування; наукове керівництво; адміністрування процесу.

Кирієнко М. В.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; валідація відтворюваності результатів; аналіз даних; проведення експерименту; забезпечення ресурсами та обладнанням; управління даними; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування.

References

1. Verdenal T., Dienes-Nagy Á., Spangenberg J. E., Zufferey V., Spring J.-L., Viret O., Marin-Carbonne J., van Leeuwen C. (2021).Understanding and managing nitrogen nutrition in grapevine: a review. *OENO One*. Vol. 55, No. 1. P. 1–43. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.1.3866.

2. Gutiérrez-Gamboa G., Diez-Zamudio F., Stefanello L. O., Tassinari A., Brunetto G. (2022). Application of foliar urea to grapevines: productivity and flavour components of grapes. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. Vol. 28. P. 27–40. https://doi.org/10.1111/ajgw.12515.

3. Rozane D. E., de Paula B. V., de Melo G. W. B., dos Santos E. M. H., Trentin E., Marchezan C., da Silva L. O. S., Tassinari A., Dotto L., de Oliveira F. N., Natale W., Baldi E., Toselli M., Brunetto G. (2020). Compositional Nutrient Diagnosis (CND) Applied to Grapevines Grown in Subtropical Climate Region. *Horticulturae*. Vol. 6, No. 3. Art. 56. https://doi.org/10.3390/horticulturae6030056.

4. Wang, H., Wang, X., Liu, C., Shi, X., Ji, X., Wang, S., & Li, T. (2025). Nutrient Diagnosis and Precise Fertilization Model Construction of '87-1' Grape (Vitis vinifera L.) *Cultivated in a Facility. Plants*, 14(21), 3345. https://doi.org/10.3390/plants14213345.

5. Note that from the first issue of 2016, this jouP.J. Raath1, A.R. Mulidzi, C.L. Howell. (2026). Seasonal uptake and partitioning of mineral nutrients in '87–1' grapevine (*Vitis vinifera* L.) under facility and open-field cultivation. *Scientia Horticulturae*.. Vol. 357. Art. 114654. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2026.114654.

6. Ishchenko I. O. (2024). Realizatsiia potentsialu produktyvnosti stolovoho vynohradu pid vplyvom zroshennia ta zhyvlennia v umovakh pivdnia Odeskoi oblasti [Realizing the Productivity Potential of Table Grapes Under the Influence of Irrigation and Fertilization in the Southern Part of the Odesa Region]. *Ahrarni innovatsii*. 2024. № 28. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.28.7. [in Ukrainian].

7. Padalko T. O. (2023).Obgruntuvannia osnovnykh elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia tekhnichnykh sortiv vynohradu v Khmelnytskii oblasti [Justification of the Key Elements of the Technology for Growing Industrial Grape Varieties in the Khmelnytskyi Region]. *Ahrarni innovatsii*. № 18. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.14. [in Ukrainian].

8. Shtirbu A. V. (2024). Ahrobiolohichni osoblyvosti vynohradu pry riznykh parametrakh shchilnosti nasadzhen [Agrobiological characteristics of grapes under different planting density conditions]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu*. № 1. S. 40–44. https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-1-40-44. [in Ukrainian].

9. Zelenianska N. M., Borun V. V. (2021) Rezhymy kraplynnoho zroshennia vynohradnoi shkilky v umovakh pivdnia Ukrainy [Drip Irrigation Regimes for Grapevine Nurseries in Southern Ukraine]. *Ahrarni innovatsii*.. № 8. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.8.5. [in Ukrainian].

10. Zelenianska N. M., Samofalov M. O. (2022). Pidvyshchennia adaptyvnosti mikrokloniv vynohradu v umovakh in vitro [Improving the adaptability of grape microclones under in vitro conditions]. *Ahrarni innovatsii*. № 11. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.11.3. [in Ukrainian].

11. Bublyk M. O. (2005). *Metodolohichni ta tekhnolohichni osnovy pidvyshchennia produktyvnosti suchasnoho sadivnytstva* [*Methodological and Technological Foundations for Improving Productivity in Modern Horticulture*] K.: Nora-Druk,. 288 s. [in Ukrainian].

12. Ieshchenko V.O., Kopytko P.H., Kostohryz P.V., Opryshko V.P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: pidruchnyk* [*Fundamentals of Scientific Research in Agronomy: A Textbook*]. Vinnytsia : PP «TD Edelveis i K», 332 s. [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 21.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 634.11:634.1-15:634.1.055:634.1.076
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-57-63



І. В. Заморський
аспірант кафедри плодівництва і виноградарства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: ihorzam25@gmail.com
orcid.org/0009-0006-5648-3453

ДИНАМІКА РОСТУ ПАГОНІВ ЯБЛУНІ ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ ОБРІЗУВАННЯ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНОГО САДУ

Провідним та найбільш ефективним агротехнічним заходом, за допомогою якого відбувається цілеспрямована зміна співвідношення між вегетативним ростом і плодоношенням, є обрізування. Біологічний ефект обрізування в значній мірі визначається його інтенсивністю та строками проведення. Сучасні дослідження підтверджують значення фенологічного строку обрізування для росту яблуні. Відтермінування зимового обрізування до фази розпускання бруньок не має істотних негативних наслідків порівняно з обрізуванням у стані спокою, тоді як обрізування у фазу повного цвітіння зменшує ріст пагонів у наступному році та негативно впливає на масу плодів. В умовах інтенсивного дослідного саду Уманського національного університету проводили вивчення трьох нових сортів яблуні: Беліда, Ред Джонапринц та Хоней Кріспі, дерева яких висаджені за схемою 4х1 м на підщепі М.9. Динаміка росту пагонів яблуні істотно залежала від сортових особливостей, строку обрізування та місця розміщення пагонів у кроні. Упродовж періоду спостережень з 10 червня до 10 серпня в усіх варіантах відмічена тенденція щодо поступового збільшення довжини пагона. Інтенсивність приросту була неоднаковою як між сортами, так і залежно від строків обрізування та ярусу крони. Детальний аналіз реакції помологічних сортів на умови обрізування крони показав чітку закономірність. У досить сильнорослого помологічного сорту Хоней Кріспі за зимового обрізування довжина однорічних пагонів зросла в основі крони з 54,2 см до 83,0 см, а у середній частині – з 42,1 см до 81,2 см, тоді як у верхній частині крони – з 45,3 см до 81,4см. У помологічного сорту Ред Джонапринц за зимового обрізування найвищі значення протягом усього періоду спостерігалися у верхній частині крони: від 56,1см (10 червня) до 84,9 см (10 серпня). У середній частині показник зріс з 52,4 см до 71,1 см, тоді як в основі – лише з 38,1 см до 49,0 см. На відміну від сорту Ред Джонапринц, у сорту Беліда не спостерігалося вираженого посилення росту у верхній частині крони. Найбільш суттєві відмінності спостерігалися між зимовим, зимово-літнім та літнім обрізуванням. За зимового обрізування в більшості варіантів відмічався найбільш інтенсивний ріст пагонів. Отримані результати підтверджують, що строк обрізування є ефективним агротехнічним прийомом регулювання сили та характеру росту пагонів яблуні. Загалом найвищою ростовою активністю характеризувався сорт Ред Джонапринц за зимового обрізування, особливо у верхній частині крони, тоді як найслабший ріст спостерігався у сорту Беліда за літнього обрізування. Це дає підстави рекомендувати диференційований підхід до обрізування яблуні з урахуванням сорту та вертикальної зони крони.
Ключові слова: *яблуня, строки обрізування, пагони, динаміка росту.*

I. V. Zamorsky
Graduate student at the Department of Horticulture and Viticulture,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: ihorzam25@gmail.com
orcid.org/0009-0006-5648-3453

GROWTH DYNAMICS OF APPLE TREE SHOOTS AS A FUNCTION OF PRUNING TIMES IN AN INTENSIVE ORCHARD

Pruning is the primary and most effective agronomic practice used to purposefully alter the balance between vegetative growth and fruit production. The biological effect of pruning is largely determined by its intensity and timing. Recent studies confirm the importance of the phenological timing of pruning for apple tree growth. Delaying winter pruning until the budbreak stage has no significant negative consequences compared to pruning during dormancy, whereas pruning during full bloom reduces shoot growth the following year and negatively affects fruit weight. In the intensive experimental orchard of Uman National University, a study was conducted on three new apple varieties: Belida, Red Jonaprince, and Honey Crisp, whose trees were planted in a 4×1 m pattern on M.9 rootstock. The growth dynamics of apple tree shoots depended significantly on varietal characteristics, the timing of pruning, and the location of the shoots within the canopy. During the observation period from June 10 to August 10, a trend toward a gradual increase in shoot length was observed in all treatments. The rate of growth varied both among varieties and depending on the timing of pruning and the crown layer. A detailed analysis of the response of fruit tree varieties to crown pruning conditions revealed a clear pattern. In the fairly vigorous Honey Crisp variety, following winter pruning, the length of one-year-old shoots increased at the base of the crown from 54.2 cm to 83.0 cm, and in the middle section–from 42.1 cm to 81.2 cm, while

in the upper part of the crown–from 45.3 cm to 81.4 cm. For the Red Jonaprince pomological variety, during winter pruning, the highest measurements throughout the entire period were observed in the upper part of the canopy: from 56.1 cm (June 10) to 84.9 cm (August 10). In the middle section, the measurement increased from 52.4 cm to 71.1 cm, while at the base, it increased only from 38.1 cm to 49.0 cm. Unlike the Red Jonaprince variety, the Belida variety did not show a pronounced increase in growth in the upper part of the canopy. The most significant differences were observed between winter, winter-summer, and summer pruning. With winter pruning, the most intense shoot growth was observed in most treatments. The results confirm that the timing of pruning is an effective agronomic technique for regulating the intensity and nature of apple tree shoot growth. Overall, the Red John Prince variety exhibited the highest growth activity during winter pruning, especially in the upper part of the crown, while the weakest growth was observed in the Belida variety during summer pruning. This provides grounds for recommending a differentiated approach to apple tree pruning, taking into account the variety and the vertical zone of the crown.
Key words: *apple tree, pruning times, shoots, growth dynamics.*

Постановка проблеми. Культура яблуні (*Malus domestica* Borkh.) є основною в світовому та вітчизняному садівництві. Започаткування високощільних насаджень яблуні, яке передбачає використання карликових і напівкарликових підщеп та сучасних малогабаритних конструкцій крон зумовлюють необхідність постійного регулювання співвідношення ріст-урожайність плодових дерев. Провідним та найбільш ефективним агротехнічним заходом, за допомогою якого відбувається цілеспрямована зміна співвідношення між вегетативним ростом і плодоношенням, є обрізування. Біологічний ефект обрізування в значній мірі визначається його інтенсивністю та строками проведення. Видалення частини пагонів у період зимового спокою має інший фізіологічний ефект, ніж обрізування впродовж вегетації. Зміна строків проведення обрізування впливає на кількість генеративних бруньок, перерозподіл асимілятів, освітленість крони та інтенсивність формування нових пагонів різного типу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасні дослідження підтверджують значення періоду обрізування для росту яблуні. Проведені дослідження в умовах Кореї [1] показали, що відтермінування зимового обрізування сорту Фуджі на підщепі М.9 до фази розпускання бруньок не мало істотних негативних наслідків порівняно з обрізуванням у стані спокою, тоді як обрізування у фазу повного цвітіння зменшувало ріст пагонів у наступному році та негативно впливало на масу плодів. Особливого значення набуває літнє обрізування, оскільки його застосовують безпосередньо в період активної вегетації. Аналізований нами сучасний огляд [2] дає представлення та узагальнює результати досліджень літнього обрізування яблуні, відзначаючи його вплив на вегетативні і генеративні процеси в насадженнях яблуні, диференціацію бруньок та якість плодів. Проте авторами наголошено, що надмірне обрізування може негативно впливати на силу росту дерев, їх урожайність та якість плодів.

Глибокі і всебічні результати щодо взаємодії способу і строку обрізування отримано в зоні Лісостепу України [3].за дослідження насаджень яблуні сорту Джонавел на карликовій підщепі М.9 Т337. Наукові експерименти безпосередньо були спрямовані на визначення ростової активності яблуні за різних способів і строків формування крони, а авторами встановлено, що різні способи контурного обрізування змінювали діаметр штамба, кількість та довжину пагонів. Подібні експерименти досить важливі для сучасного інтенсивного садівництва, оскільки зміна довжини та кількості пагонів визначає просторову структуру крони, кількість листків і потенційну площу фотосинтетичного апарату. Садівнича література свідчить [5, 6, 7], що динаміка росту пагонів змінюється впродовж вегетації. У дослідженні восьмирічних дерев сорту Джонаголд, щеплених на підщепі М.9 дослідниками з Чехії [4] встановлено динаміку проходження максимумів росту пагонів, плодів та елементів стовбура. Найінтенсивніший ріст органів припадав на період найнижчого рівня запасів неструктурних вуглеводів.

Сучасні дослідження [8, 9, 10] також демонструють доцільність регулярного моніторингу приросту протягом сезону. Застосування послідовних вимірювань дозволяє визначити не тільки величину кінцевого приросту, але й початок активного росту, момент досягнення максимальної швидкості росту та завершення ростових процесів.

Таким чином, аналіз літературних джерел свідчить, що проблема впливу строків обрізування на ріст яблуні потребує подальшого вивчення саме в аспекті сезонної динаміки росту пагонів та стабільності реакції дерев за різних умов вегетації.

Метою статті є встановлення динаміки росту однорічних пагонів яблуні залежно від різних строків обрізування дерев яблуні нових сортів зимового строку достигання та різної сили росту.

Методика дослідження. В умовах інтенсивного дослідного саду Уманського національного університету впродовж 2025–2026 років проводили в богарних умовах вивчення трьох нових сортів яблуні: Беліда, Ред Джонапринц та Хоней Крісп. Дерева сформовані за типом крони «грузбек», висаджені за схемою 4х1 м на підщепі М.9. Варіанти досліду розміщені рендомізованим методом, кожен включав шість дерев в трьох повтореннях. Динаміку приростів мічених однорічних пагонів вивчали за використання трьох термінів обрізування: зимове, зимове +літнє і літнє. Зимове проводили в період відносного спокою, літнє – на початку червня. Для оцінювання росту використовували однорічні пагони яблуні досліджуваних сортів поточного року. На кожному обліковому дереві відбирали шість типових пагонів в кожній із трьох зон крони: нижній (0,7–1,2 м), середній (1,2–1,7 м) та верхній (1,7–3,0 м). Довжину пагонів визначали від основи до верхівкової бруньки з інтервалом 10 діб упродовж червня-серпня. Абсолютний приріст

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

пагона між двома датами обліку визначали за формулою: $\Delta L = L_2 - L_1$, де ΔL – абсолютний приріст пагона, см; L_2 – довжина пагона під час поточного обліку, см; L_1 – довжина пагона під час попереднього обліку, см. Упродовж періоду вимірювання аналізували метеорологічні умови – температуру повітря та кількість опадів. При встановленні суттєвої істотної різниці користувались багатофакторним дисперсійним аналізом.

Основні результати дослідження. Важливе значення для аналізу росту пагонів яблуні відіграють погодні умови вегетаційного періоду. Наведені в таблиці 1 температурні показники та сума опадів вегетаційних періодів 2025–2026 рр. за даними метеостанції Умань характеризуються мінливістю.

Наведені для аналізу місяці вегетаційного періоду 2026 року показали, що він був у середньому теплішим, ніж 2025 року: середня температура за травень–серпень була на 0,7 °С вищою. У 2025 році найтеплішим місяцем виявився липень (22,4 °С), тоді як у 2026 році – серпень (21,7 °С). Липень 2026 року був на 1,9 °С прохолоднішим за липень 2025 року. Вологозабезпечення насаджень яблуні у 2025 році було значно кращим. За травень–серпень випало 248,3 мм опадів, тоді як у 2026 році – лише 137,5 мм, тобто на 110,8 мм менше.

В цілому 2025 рік характеризувався нерівномірним розподілом опадів, так як після дуже вологого травня та посушливого червня максимальна кількість опадів припала на липень. На противагу, 2026 рік відзначався стійким дефіцитом вологи, особливо у липні та серпні. Кількість опадів у серпні становила лише 14,1 мм при температурі 21,7 °С, що створювало несприятливе поєднання теплового та водного режимів. Для досліджуваних нами сортів яблуні 2025 рік загалом характеризувався сприятливішим водним режимом, тоді як 2026 рік мав більш посушливі умови.

Проведений нами аналіз отриманих даних таблиці 2 свідчить, що динаміка росту пагонів яблуні істотно залежала від сортових особливостей, строку обрізування та місця розміщення пагонів у кроні. Упродовж періоду спостережень з 10 червня до 10 серпня в усіх варіантах відмічена тенденція щодо поступового збільшення довжини пагона. Слід відмітити, що інтенсивність приросту була неоднаковою як між сортами, так і залежно від строків обрізування та ярусу крони.

Детальний аналіз реакції помологічних сортів на умови обрізування крони показав чітку закономірність. У досить сильнорослого помологічного сорту Хоней Крісп за зимового обрізування довжина однорічних пагонів зросла в основі крони з 54,2 см до 83,0 см, а у середній частині – з 42,1 см до 81,2 см, тоді як у верхній частині крони – з 45,3 см до 81,4см. Особливо інтенсивний приріст спостерігався в період вегетації з 20 до 30 червня та з 30 червня до 10 липня. Це свідчить про високу реакцію сорту на зимове обрізування та достатню забезпеченість пагонів крони мінеральними речовинами та асимілятами на початку вегетації.

У помологічного сорту Ред Джонапринц за зимового обрізування найвищі значення протягом усього періоду спостерігалися у верхній частині крони: від 56,1см (10 червня) до 84,9 см (10 серпня). У середній частині показник зріс з 52,4 см до 71,1 см, тоді як в основі – лише з 38,1 см до 49,0 см. Таким чином, для цього сорту характерна особливо виражена перевага росту пагонів у верхній частині крони, що може бути пов'язано з проявом апікального домінування, яке проявилось у більшій мірі ніж в інших сортів. У сорту яблуні Беліда за зимового обрізування найбільш інтенсивний ріст також зафіксовано в середній частині крони – від 45,2 см до 73,2 см. В основі крони приріст був менш інтенсивним – від 46,7 см до 57,2 см, а у верхній частині показник був найнижчим – від 30,6 см до 45,6 см. Отже, на відміну від сорту Ред

Джонапринц, у сорту Беліда не спостерігалося вираженого посилення росту у верхній частині крони. В наших дослідженнях найбільш суттєві відмінності спостерігалися між зимовим, зимово-літнім та літнім обрізуванням. За зимового обрізування в більшості варіантів відмічався

Таблиця 1

Сума опадів та середня температура повітря за вегетацію 2025–2026 років, метеостанція «Умань»

Місяць	Сума опадів, мм				Середня температура повітря, °С			
	Декада			Середня за місяць	Декада			Середня за місяць
	I	II	III		I	II	III	
2025 рік								
Травень	33,6	25,3	42,9	101,8	12,0	10,9	16,1	13,1
Червень	8,0	0,5	2,7	11,2	21,3	17,9	18,6	19,3
Липень	2,8	23,8	85,7	112,3	23,0	21,3	22,8	22,4
Серпень	13,4	5,1	4,5	23,0	20,9	19,4	18,9	19,7
2026 рік								
Травень	9,2	19,8	12,1	41,1	14,2	14,8	16,6	15,2
Червень	22,3	13,6	4,4	40,3	17,7	18,0	13,3	19,6
Липень	1,2	36,0	4,8	42,0	20,8	21,2	19,6	20,5
Серпень	0,0	1,0	13,1	14,1	24,1	20,1	20,4	21,7

Таблиця 2

Динаміка росту пагонів яблуні залежно від помологічного сорту, строків обрізування та місця розміщення в кроні дерев (2025 рік)

Сорт	Строк обрізування	Місце в кроні	Дата виміру						
			10/06	20/06	30/06	10/07	20/07	30/07	10/08
			Довжина пагону, см						
Хоней Кріспп	Зимове	Основа (0,7–1,2 м)	54,2	58,1	71,2	77,4	80,1	82,1	83,0
		Середина (1,2–1,7 м)	42,1	48,1	54,6	72,1	79,5	80,2	81,2
		Верх (1,7–3,0м)	45,3	49,2	59,4	73,4	78,2	80,2	81,4
	Зимове +літнє	Основа (0,7–1,2 м)	38,1	42,8	58,4	75,0	80,1	81,1	82,0
		Середина (1,2–1,7 м)	32,1	36,7	39,4	40,2	42,1	45,6	48,1
		Верх (1,7–3,0м)	36,2	40,1	47,0	52,1	60,2	62,1	62,8
	Літнє	Основа (0,7–1,2 м)	39,0	43,6	52,3	56,4	58,4	60,1	61,4
		Середина (1,2–1,7 м)	36,0	42,6	46,1	47,6	49,2	50,1	51,2
		Верх (1,7–3,0м)	39,0	43,1	53,9	60,1	66,1	67,8	68,1
Ред Джонапринц	Зимове	Основа (0,7–1,2 м)	38,1	42,8	44,5	46,1	47,1	48,2	49,0
		Середина (1,2–1,7 м)	52,4	56,7	58,7	67,4	69,1	70,2	71,1
		Верх (1,7–3,0м)	56,1	60,8	68,2	76,2	83,2	84,0	84,9
	Зимове +літнє	Основа (0,7–1,2 м)	46,8	50,8	52,6	54,8	53,1	54,2	55,6
		Середина (1,2–1,7 м)	40,3	44,9	49,7	52,1	53,8	54,2	55,8
		Верх (1,7–3,0м)	45,1	49,3	63,0	76,1	80,1	82,0	82,7
	Літнє	Основа (0,7–1,2 м)	28,0	32,8	33,5	35,1	36,4	38,1	39,8
		Середина (1,2–1,7 м)	35,0	39,4	41,8	43,1	44,2	44,8	45,8
		Верх (1,7–3,0м)	36,1	40,9	43,8	44,2	45,8	46,2	46,9
Беліда	Зимове	Основа (0,7–1,2 м)	46,7	50,2	52,1	54,1	56,2	56,6	57,2
		Середина (1,2–1,7 м)	45,2	49,8	60,8	67,1	72,0	72,9	73,2
		Верх (1,7–3,0м)	30,6	34,9	36,7	38,6	43,1	44,9	45,6
	Зимове +літнє	Основа (0,7–1,2 м)	38,4	42,7	58,3	62,1	66,7	67,8	68,3
		Середина (1,2–1,7 м)	32,4	36,8	38,4	40,7	46,2	47,3	48,2
		Верх (1,7–3,0м)	34,6	38,9	41,2	43,1	45,8	46,2	47,2
	Літнє	Основа (0,7–1,2 м)	28,1	32,7	34,8	35,1	36,9	37,1	38,2
		Середина (1,2–1,7 м)	25,6	30,0	32,1	33,2	34,8	35,3	36,0
		Верх (1,7–3,0м)	23,1	27,4	31,2	32,0	35,4	36,2	36,8
НІР 05 (А) помологічний сорт			0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	1,0	0,8
НІР 05 (В) строк обрізування			0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	1,0	0,8
НІР 05 (С) місце пагонів в кроні дерев			0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	1,0	0,8

найбільш інтенсивний ріст пагонів. Так, у сильнорослого сорту Хоней Кріспп у верхній частині крони довжина пагона збільшилась з 45,3 см до 81,4 см, а у сорту Ред Джонапринц – з 56,1 см до 84,9 см. Це підтверджує відоме теоретичне положення для сортів яблуні, що раннє зимове обрізування стимулює активний ріст пагонів завдяки перерозподілу поживних речовин і гормонів росту, які стимулюють весняний ріст пагонів дерев яблуні.

Нами встановлено, що варіант зимове+літнє обрізування характеризувався більш диференційованою реакцією в розрізі сортів. У сорту Хоней Кріспп в основі крони довжина пагонів зросла з 38,1 см до 82,0 см, тоді як у середній частині – лише з 32,1 см до 48,1см. У верхній частині крони воно досягло позначки 62,8 см. Аналогічна закономірність спостерігалася у сортів Ред Джонапринц та Беліда, оскільки поєднання зимового і літнього обрізування значною мірою стримувало ріст пагонів у середній та верхній частинах крони, хоча в окремих випадках стимулювало ріст у нижній частині.

За застосування літнього обрізування ріст пагонів був найбільш помірним. У сорту Хоней Кріспп максимального значення 68,1см досягнуто у верхній частині крони, у сорту Ред Джонапринц – лише 46,9 см, а у сорту Беліда – 36,8 см. Отже, літні строки обрізування без поєднання з зимовим обмежують подальше наростання пагонів, що має важливе практичне значення для регулювання сили росту дерев та регулювання.

Отримані нами результати вимірів динаміки росту пагонів яблуні протягом вегетаційного періоду 2026 року наведені в таблиці 3. Аналіз отриманих результатів показує, що у всіх досліджуваних сортів і варіантів обрізування спостерігалося поступове збільшення довжини пагонів протягом вегетації, проте інтенсивність росту істотно залежала від сорту, строку обрізування та положення пагонів в кроні дерев яблуні. Найбільш інтенсивний приріст довжини пагонів відбувався у період з 20 червня до 10 липня, після чого темпи росту в цілому знижувалися. Це підтверджує відоме в садівництві постулати, про те, що проходження основної хвилі росту пагонів

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

відбувається у першій половині літа та поступово зменшується у липні–серпні в зв'язку з морфогенетичними змінами. Особливо добре ця закономірність простежується у сорту Хоней Крісп за зимового обрізування, де у нижній частині крони довжина пагонів зросла з 43,2 до 79,4 см уже до 10 липня, а до 10 серпня досягла 89,5 см.

Таким чином, за останній місяць спостережень приріст становив лише 10,1 см проти 36,2 см у період 20 червня–10 липня. В розрізі сортів виявлено домінування цього фактора, який визначав інтенсивність росту пагонів. У середньому на завершальному етапі спостережень, 10 серпня, середня довжина пагонів за всіма строками обрізування та положеннями в кроні становила: Хоней Крісп – 73,6 см; Ред Джонапринц – 63,1 см; Беліда – 48,4 см.

Таким чином, за середньою довжиною пагонів сорт Хоней Крісп перевищував сорт Ред Джонапринц на 10,5 см, а сорт Беліду – на 25,2 см. Сорт Ред Джонапринц, у свою чергу, перевищував сорт Беліду на 14,7 см. Найвищі показники росту однорічних пагонів яблуні зафіксовані у дерев сорту Хоней Крісп, особливо за зимового обрізування. На 10 серпня довжина пагонів цього сорту становила 83,4–89,5 см залежно від положення в кроні.

У помологічного сорту Ред Джонапринц максимальні значення також отримано за зимового та зимового + літнього обрізування. Найдовші пагони – 87,4 см – сформувалися у верхній частині крони за зимового обрізування. Найслабший ріст однорічних пагонів яблуні спостерігався у сорту Беліда, особливо за літнього обрізування, так як на 10 серпня довжина пагонів становила лише 28,2–33,3 см. Отже, досліджувані нові сорти яблуні в інтенсивних насадженнях істотно відрізнялися за силою росту пагонів, що вказує на їхні генетично зумовлені особливості накопичення вегетативної маси в кронах плодових дерев.

Строк обрізування мав істотний вплив на характер росту однорічних пагонів. В цілому найбільш інтенсивний ріст забезпечувало зимове обрізування, що підтверджує теорію

Таблиця 3

Динаміка росту пагонів яблуні залежно від помологічного сорту, строків обрізування та місця розміщення в кроні дерев (2026 рік)

Сорт	Строк обрізування	Місце в кроні	Дата виміру						
			10/06	20/06	30/06	10/07	20/07	30/07	10/08
			Довжина пагону, см						
Хоней Крісп	Зимове	Основа (0,7–1,2 м)	43,2	54,0	73,0	79,4	83,0	86,5	89,5
		Середина (1,2–1,7 м)	30,0	35,0	56,0	75,3	81,0	82,1	83,4
		Верх (1,7–3,0м)	41,0	47,0	61,0	76,8	81,7	83,6	85,4
	Зимове +літнє	Основа (0,7–1,2 м)	34,8	40,3	60,0	76,4	82,0	83,0	84,0
		Середина (1,2–1,7 м)	30,0	34,1	36,0	38,2	40,2	52,6	67,0
		Верх (1,7–3,0м)	35,6	37,5	49,0	53,4	62,0	63,4	65,2
	Літнє	Основа (0,7–1,2 м)	38,0	44,0	54,0	58,1	60,0	62,1	63,5
		Середина (1,2–1,7 м)	35,0	42,0	48,0	49,2	50,0	52,1	54,1
		Верх (1,7–3,0м)	38,0	44,0	55,0	62,7	67,0	69,1	70,2
Ред Джонапринц	Зимове	Основа (0,7–1,2 м)	34,0	37,0	40,0	40,1	40,2	45,1	50,2
		Середина (1,2–1,7 м)	47,1	50,0	60,0	69,4	71,1	75,2	78,4
		Верх (1,7–3,0м)	52,0	56,0	70,0	78,4	85,0	86,1	87,4
	Зимове +літнє	Основа (0,7–1,2 м)	36,1	43,0	50,0	52,1	55,0	60,4	68,1
		Середина (1,2–1,7 м)	36,3	41,0	51,0	52,0	54,0	59,4	66,4
		Верх (1,7–3,0м)	44,0	51,0	65,0	78,4	85,0	85,9	86,4
	Літнє	Основа (0,7–1,2 м)	23,0	26,0	33,0	33,5	34,0	40,1	42,3
		Середина (1,2–1,7 м)	33,0	36,0	40,0	40,5	41,0	41,5	42,0
		Верх (1,7–3,0м)	33,1	37,0	43,0	44,0	45,0	46,2	47,1
Беліда	Зимове	Основа (0,7–1,2 м)	37,0	44,0	55,0	55,5	56,0	56,5	57,1
		Середина (1,2–1,7 м)	40,0	47,0	64,0	69,8	74,0	74,5	75,1
		Верх (1,7–3,0м)	28,0	34,0	38,0	40,8	45,0	45,5	46,1
	Зимове +літнє	Основа (0,7–1,2 м)	34,1	44,0	60,0	64,2	68,0	68,5	69,0
		Середина (1,2–1,7 м)	30,0	33,0	34,0	42,7	48,0	48,5	49,0
		Верх (1,7–3,0м)	32,1	36,0	43,0	45,2	48,0	48,5	49,0
	Літнє	Основа (0,7–1,2 м)	24,0	26,0	28,0	28,1	28,5	28,6	28,7
		Середина (1,2–1,7 м)	23,0	25,0	27,0	27,5	28,0	28,1	28,2
		Верх (1,7–3,0м)	22,0	28,0	30,0	31,4	33,0	33,2	33,3
НІР 05 (А) помологічний сорт			0,4	0,4	0,6	0,8	0,6	0,8	0,6
НІР 05 (В) строк обрізування			0,4	0,4	0,6	0,8	0,6	0,8	0,6
НІР 05 (С) місце пагонів в кроні дерев			0,4	0,4	0,6	0,8	0,6	0,8	0,6

вирощування яблуні. За середньою довжиною пагонів на 10 серпня по усіх трьох сортах вона становила близько 72,5 см, тоді як за зимового + літнього обрізування – 67,1 см, а за літнього – лише 45,5 см. Таким чином, порівняно із зимовим обрізуванням зимове + літнє обрізування зменшувало середню кінцеву довжину пагонів на 5,4 см, а застосування літнього обрізування – на 27,0 см. Це може вказувати на те, що проведення зимового обрізування створює більш сприятливі умови для тривалого та інтенсивного росту пагонів. Особливо чітко ефект строку обрізування проявився у помологічного сорту Хоней Крісп. На 10 серпня середня довжина пагонів за трьома положеннями в кроні становила: 86,1 см (зимове обрізування), 72,1 см (зимове + літнє), літнє – 62,6 см. У помологічного сорту Ред Джонапринц відповідні значення становили 72,0; 73,6 та 43,8 см, а у сорту Беліда – 59,4; 55,7 та 30,1 см. Таким чином, літнє обрізування найбільше обмежувало довжину пагонів, що може бути пов'язано з балансом ріст – плодоношення в плодовому дереві.

Вплив положення пагона в кроні був менш однозначним, ніж вплив сорту та строку обрізування, і значною мірою залежав від їх взаємодії. Динаміка росту пагонів яблуні істотно залежала від сорту, строку обрізування та їхнього розміщення у кроні. Упродовж червня–серпня в більшості варіантів спостерігалося закономірне збільшення показників росту, проте темпи цього процесу суттєво відрізнялися.

Висновки. Зимове обрізування забезпечувало найбільш інтенсивний ріст пагонів порівняно з літнім та комбінованим варіантами. Літнє обрізування найбільшою мірою стримувало вегетативний ріст. Сорти відрізнялися характером розподілу ростової активності по вертикалі крони. Для сорту Ред Джонапринц найбільш інтенсивний ріст характерний для верхньої частини крони, для сорту Беліда – переважно для середньої, тоді як у Хоней Крісп за зимового обрізування до кінця вегетації відбулося значне вирівнювання росту між ярусами. Поєднання зимового та літнього обрізування змінювало характер розподілу росту, зокрема в окремих випадках сприяло посиленню росту пагонів в основі крони та одночасному стримуванню росту в середній і верхній її частинах. Найбільш виражені сортові відмінності проявлялися за зимового обрізування, коли потенціал росту пагонів реалізовувався повніше. Це свідчить про доцільність диференційованого застосування обрізування залежно від біологічних особливостей сорту та положення пагона в кроні. Отримані результати підтверджують, що строк обрізування є ефективним агротехнічним прийомом регулювання сили та характеру росту пагонів яблуні. Зимове обрізування доцільніше використовувати для стимулювання ростових процесів, тоді як літнє – для їх обмеження та вирівнювання росту окремих зон крони. Найвищою ростовою активністю однорічних пагонів яблуні характеризувався сорт Ред Джонапринц за зимового обрізування, а найслабший ріст спостерігався у сорту Беліда за літнього обрізування.

Фінансування дослідження. Дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Відсутній.

Авторський внесок. Заморський І. В.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; валідація відтворюваності результатів; забезпечення ресурсами та обладнанням; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування; наукове керівництво; адміністрування процесу.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ – асистовані технології не використовувалися.

References

1. Kweon H.-J., Sagong D.-H. (2022). Influence of delaying winter pruning on shoot growth and fruit quality of 'Fuji'/M.9 apple tree. Korean Journal of Environmental Agriculture.. Vol. 41, No. 3. P. 199–205. DOI: 10.5338/KJEA.2022.41.3.24. URL: https://doi.org/10.5338/KJEA.2022.41.3.24.

2. Qiu X., Xing W., Que Y., Lu G. (2025). Summer pruning in apple trees is an advisable cultural practice that promotes bud differentiation and improves fruit quality: a literature review. PeerJ. Vol. 13. e20229. DOI: 10.7717/peerj.20229. URL: https://doi.org/10.7717/peerj.20229.

3. Chaploutskyi A., Butsyk R., Chepurnyi V., Kucher I., Chetskyi B., Zabolotnyi O. (2024). Growth Activity of Apple Trees Depending on the Method and Timing of Crown Pruning. Journal of Horticultural Research.. Vol. 32, No. 2. P. 57–64. DOI: 10.2478/johr-2024-0012. URL: https://doi.org/10.2478/johr-2024-0012.

4. Plavcová L., Jupa R., Hoch G., Mészáros M., Scháňková K. (2024). Seasonal coordination of aboveground vegetative and reproductive growth and storage in apple trees subjected to defoliation, flower and fruit thinning. Trees. Vol. 38. P. 1109–1118. DOI: 10.1007/s00468-024-02539-0. URL: https://doi.org/10.1007/s00468-024-02539-0.

5. Chaploutskyi A., Polunina O., Kucher I., Chetskyi B., Borysenko V., Zabolotnyi O. (2023). The Growth Activity and Productivity of Apple Trees Depending on the Form of the Crown and the Time of Pruning. Journal of Horticultural Research. Vol. 31, No. 2. P. 53–63. DOI: 10.2478/johr-2023-0027. URL: https://doi.org/10.2478/johr-2023-0027.

6. Chaploutskyi A., Butsyk R., Polunina O. (2024). Dimensions of crowns and their level of productivity of apple trees of the Jonaweld variety depending on the method and term of crown pruning. Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva.. Vyp. 104, ch. 1. S. 79–87. DOI:10.32782/2415-8240-2024-104-1-79-87. URL: https://doi.org/10.32782/2415-8240-2024-104-1-79-87.

7. Lytvynenko O. B. (2024). Dynamika rostu pahoniv imunnykh sortiv yabluni. Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva. [Growth Dynamics of Shoots in Immune

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Apple Varieties]. Vyp. 105, ch. 1. S. 213–217. DOI: 10.32782/2415-8240-2024-105-1-213-217. URL: https://doi.org/10.32782/2415-8240-2024-105-1-213-217. [in Ukrainian].

8. Chaploutsky, A. M. (2023). Productivity of Apple Trees Depending on Crown Shape and Pruning Time. [Apple Tree Productivity Depending on Crown Shape and Pruning] Time Bulletin of Uman National University. No. 1. pp. 40–43. DOI: 10.32782/2310-0478-2023-1-40-43. URL: https://doi.org/10.32782/2310-0478-2023-1-40-43. [in Ukrainian].

9. Chaploutskyi A. M., Butsyk R. M. (2023). Formuvannia produktyvnosti derev yabluni zalezhno vid sposobu ta stroku obrizuvannia derev. [The Impact of Pruning Methods and Timing on Apple Tree Productivity]. Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva.. Vyp. 103, ch. 1. S. 69–76. DOI: 10.32782/2415-8240-2023-103-1-69-76. URL: https://doi.org/10.32782/2415-8240-2023-103-1-69-76. [in Ukrainian].

10. Ieshchenko V.O., Kopytko P.H., Kostohryz P.V., Opryshko V.P. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: pidruchnyk. Vinnytsia : PP «TD Edelveis i K», 332 s. [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 15.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 634:338.43(477.87)
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-64-70



Ю. Е. Ковач
директор філії,
Філія «Закарпаттяагропромпродуктивність»
Науково-дослідного інституту «Український науково-дослідний інститут продуктивності агропромислового комплексу»
(с. Ботфалва, Україна)
E-mail: zakpp_uzhg@ukr.net
orcid.org/0009-0009-1539-275X

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ САДІВНИЦТВА В ЗАКАРПАТТІ

У статті проаналізовано сучасний стан, основні тенденції та перспективи розвитку садівництва в Україні та Закарпатській області з урахуванням виробничих, економічних, організаційних, технологічних і кліматичних чинників. Метою дослідження було оцінювання динаміки розвитку галузі, визначення основних ризиків її функціонування та обґрунтування перспективних напрямів підвищення ефективності виробництва плодово-ягідної продукції. Інформаційну основу дослідження становили статистичні дані щодо площ насаджень, урожайності та валового виробництва плодів і ягід в Україні та Закарпатській області за 2020–2025 рр., а також показники виробничо-економічної діяльності окремих сільськогосподарських підприємств і фермерських господарств. Використано системний, порівняльний методи, аналіз і синтез, а також експертно-аналітичний підхід до оцінювання ризиків і перспектив розвитку галузі. Встановлено, що за скорочення площ плодово-ягідних насаджень в Україні з 191,0 тис. га у 2020 р. до 185,1 тис. га у 2024 р. спостерігалася тенденція до підвищення урожайності та валового виробництва в сільськогосподарських і фермерських підприємствах, що пов'язано з удосконаленням технологій вирощування, використанням інтенсивних насаджень та оптимізацією ресурсного забезпечення. Закарпатська область зберігає значний виробничий потенціал садівництва, демонструючи високі показники урожайності та активне закладання нових багаторічних насаджень за державної підтримки. Важливим чинником стабільності виробництва є впровадження краплинного зрошення, сучасних систем догляду за садами та технологій, адаптованих до кліматичних змін. Визначено ключові ризики розвитку галузі: нестабільність ринку, зниження внутрішнього попиту, зростання виробничих витрат, сезонні коливання цін, труднощі з логістикою та реалізацією продукції, агротехнологічні проблеми, поширення шкідників і хвороб, а також несприятливі погодні явища. Перспективи розвитку садівництва пов'язуються з модернізацією технологій, підвищенням урожайності, ресурсоефективністю, державною підтримкою, розширенням переробки та формуванням продукції з високою доданою вартістю.
Ключові слова: *садівництво, інвестиційна привабливість, Галузева Програма розвитку садівництва України, Державна підтримка галузі садівництва.*

Yu. E. Kovach
Director of the Branch,
Branch "Zakarpattiaahropromproduktyvnist" of the Research Institute
"Ukrainian Research Institute of Agricultural Production" (Botfalva, Ukraine)
E-mail: zakpp_uzhg@ukr.net
orcid.org/0009-0009-1539-275X

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF HORTICULTURE IN ZAKARPATTIA

The article analyzes the current state, major trends, and development prospects of horticulture in Ukraine and Zakarpattia region, taking into account production, economic, organizational, technological, and climatic factors. The aim of the study was to assess the dynamics of horticultural development, identify the main risks affecting the functioning of the sector, and substantiate promising directions for improving the efficiency of fruit and berry production. The information base comprised statistical data on the area of orchards and berry plantations, yield, and gross production of fruit and berry crops in Ukraine and Zakarpattia region for 2020–2025, as well as production and economic indicators of selected agricultural enterprises and farms. The study employed a systems approach, comparative methods, analysis and synthesis, and an expert-analytical approach to assessing development risks and prospects. It was established that despite a reduction in the area of fruit and berry plantations in Ukraine from 191.0 thousand ha in 2020 to 185,1 thousand ha in 2024, yields and gross production in agricultural and farming enterprises tended to increase, which was associated with the improvement of cultivation technologies, the establishment of intensive orchards, and more efficient use of production resources. Zakarpattia region retains considerable horticultural potential, demonstrating high yields and active establishment of new perennial plantations supported by state programs. An important factor contributing to production stability is the implementation of drip irrigation, modern orchard management systems, and technologies adapted to climate change. The main risks to horticultural development include market instability, reduced domestic demand, rising production costs, seasonal price fluctuations, difficulties with logistics and product sales, agrotechnological constraints, pest and disease pressure, and adverse weather conditions. Prospects for the sector are associated with technological modernization, increased productivity, resource efficiency, state support, expansion of fruit processing, and development of products with high added value.
Key words: *horticulture, investment attractiveness, Sectoral Programme for the Development of Horticulture in Ukraine, state support for the horticultural sector.*

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Постановка проблеми. Садівництво – одна з пріоритетних галузей агропромислового комплексу країни. Реалізація економічних відносин з країнами Європейського Союзу (ЄС) потребує вжиття низки заходів щодо зміцнення економічного потенціалу садівництва. Під час війни скоротився вітчизняний ринок збуту продукції, подорожчала та порушилася логістика, подорожчали засоби захисту рослин та засоби виробництва, витрати палива та інші виробничі складові. Починаючи з 2000-х років, садівництво в Україні розглядається, як один із найбільш перспективних напрямів агробізнесу й економіки загалом, оскільки він створює високу додану вартість і забезпечує надходження до бюджету. Специфікою галузі садівництва і її перевагою є й те що вона потребує значної кількості робітників, це відкриває можливості створювати нові робочі місця. Разом із тим, розвиток галузі садівництва стримується низкою різного роду ризиків, а економічний механізм її функціонування потребує постійного вдосконалення з урахуванням змінних умов сьогодення, тому дослідження цієї тематики залишається актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведена аграрна та земельна реформа в Україні дала початок такому виду сільськогосподарського виробництва як промислове садівництво. Вперше термін «промислове садівництво» використовується в Галузевій програмі розвитку садівництва на період до 2025 року [5.] Варто зазначити, що питання розвитку садівництва загалом у різних аспектах і вдосконалення економічного механізму розвитку даного напряму досліджувалося широким колом вітчизняних учених. Шевчук Г. та ін. досліджували актуальні напрями вдосконалення державного регулювання розвитку садівництва та наголошували на доцільності розширення заходів державного стимулювання [1]; Галат Л. М. акцентувала увагу на державний, зокрема фінансовій підтримці галузі садівництва, зосереджуючись на тому, що вона виступає основним фактором підвищення конкурентоспроможності [2]; Савіна О. з колективом авторів досліджували садівництво як стратегічний напрям регіональної економіки регіону Закарпаття, акцентуючи при цьому увагу можливостях його розвитку на основі досвіду країн Європи [3]. Мельник В. І. Погріщук О. Б. вивчали питання формування економічного потенціалу галузі садівництва в контексті євроінтеграції [9]. Барабаш Л. О., Бублик М. О. та ін. досліджували основних шляхів щодо відновлення та модернізації садівництва [10]; Козіна Т. В. досліджувала потенціал садівництва і зазначала, що для його реалізації необхідними є організаційно-економічні перетворення з визначенням перспектив подальшого функціонування галузі [11]; Слепцова Л. П. досліджувала питання економіко-математичного моделювання оптимізації виробничих витрат у садівництві та обґрунтування їх оптимальної структури [12]; Комарова Н. В. та ін. досліджували екологічні й економічні аспекти сталого розвитку садівництва України [13]; а Roser Romero del Castillo та ін. розглядали можливості диверсифікації садівництва у випадку Іспанії для розширення можливостей створення доданої вартості в галузі [14]. Водночас в науковій літературі недостатньо розкриті проблеми та особливості функціонування галузі садівництва. У змінних умовах сьогодення необхідність поглиблених досліджень окресленого питання постійно зростає, зважаючи на вагому роль садівництва в структурі аграрного виробництва, передусім.

Мета статті – вивчення стану та перспективи розвитку садівництва з урахуванням основних ризиків, які його уповільнюють. Основними етапами дослідження були: аналіз поточного стану садівництва в Україні та в Закарпатському регіоні; визначення основних ризиків, які гальмують розвиток галузі; визначення перспектив розвитку.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження виконано з метою комплексного оцінювання сучасного стану, основних тенденцій та перспектив розвитку садівництва в Україні та Закарпатській області з урахуванням виробничих, економічних і організаційних чинників, що визначають функціонування галузі в сучасних умовах. Методологічну основу дослідження становив системний підхід до аналізу розвитку садівництва, за якого галузь розглядалася як сукупність взаємопов’язаних виробничих та економічних процесів, що характеризуються динамікою площ плодових і ягідних насаджень, обсягів валового виробництва та рівня урожайності. Для поглиблення оцінювання тенденцій розвитку садівництва абсолютні статистичні показники аналізували у взаємозв’язку, зокрема зміни площ багаторічних насаджень зіставляли з динамікою урожайності та валового виробництва продукції. Темпи зміни показників визначали ланцюговим методом, за якого кожний наступний рік порівнювали з безпосередньо попереднім роком. Для 2020 р., як першого року досліджуваного періоду, значення показника «% до попереднього періоду» розраховано відносно 2019 р., який використано виключно як базу порівняння та не включено до основного періоду дослідження.

Для регіонального аналізу обрано ФГ «Коник», ФГ «Перфект» та СОК «Дари Закарпаття» («Дари Берегівщини»), які представляють суб'єкти садівничого господарювання Закарпатської області, відрізняються масштабами виробництва та організаційною формою, використовують сучасні технологічні елементи вирощування, зберігання та/або переробки плодів і для яких доступні зіставні фінансово-економічні показники за 2022–2025 рр. Такий відбір дає можливість простежити особливості економічної реакції садівничих підприємств різного масштабу на зміни виробничого та ринкового середовища. Аналіз зазначених господарств має характер окремих кейсів і не передбачає статистичного поширення отриманих результатів на всю сукупність садівничих підприємств Закарпатської області.

У процесі дослідження застосовано комплекс загальнонаукових та економіко-статистичних

методів. Метод аналізу і синтезу використано для систематизації інформації про сучасний стан садівничої галузі, визначення взаємозв'язків між основними виробничими показниками та узагальнення чинників, що впливають на її розвиток. Порівняльний метод застосовано для зіставлення показників виробництва плодово-ягідної продукції в Україні та Закарпатській області, а також для визначення відмінностей між окремими роками досліджуваного періоду.

Узагальнення результатів аналізу поєднували з експертно-аналітичним оцінюванням основних ризиків та перспектив розвитку садівництва. При визначенні проблемних чинників враховували економічні, виробничо-технологічні, природно-кліматичні, ринкові та організаційні аспекти функціонування галузі. Перспективні напрями розвитку визначали на основі виявлених тенденцій зміни виробничих показників, сучасних технологічних підходів до закладання та експлуатації садів, можливостей підвищення урожайності та ефективності використання виробничих ресурсів.

Дослідження має аналітично-статистичний характер. Одиницею аналізу виступали статистичні показники розвитку садівничої галузі на рівні України та Закарпатської області, а в частині економічного аналізу – окремі суб'єкти господарювання.

Основні результати дослідження. За даними таблиці 1 площі насаджень плодових та ягідних культур в середньому з року в рік зменшуються. Так, у 2020 році вони становили 191,0 тис. га, тоді як у 2023 році – 187,1 тис. га, у 2024 році – 185,1 тис. га (табл. 1).

На таке скорочення вирощуваних площ впливає ряд факторів, а саме: відсутність фінансування, збільшення цін на вирощування культур та посадковий матеріал, відсутність налагоджених ринків збуту та ряд інших проблем. Але варто зазначити, що галузі плодово-ягідництва розвиваються, а технології вирощування постійно вдосконалюються, що забезпечує отримання вищих показників валового збору продукції та урожайності з одиниці площі.

Динаміка виробництва зерняткових культур додатково підтверджує, що площа насаджень і обсяг одержаної продукції не мають жорсткої прямої залежності. Для яблуні в Україні протягом 2021–2025 рр. площа насаджень змінювалася істотніше, ніж урожайність: остання залишалася порівняно стабільною і наприкінці періоду досягла найвищого наведеного значення. Це свідчить про те, що продуктивність насаджень частково компенсувала зміни їх площі. Для груші коливання площ були менш вираженими, а зміни валового збору переважно відповідали міжрічній мінливості урожайності. Отже, у короткостроковому періоді саме продуктивність одиниці площі виступала одним із визначальних чинників зміни обсягів виробництва зерняткових культур (табл. 2).

Ще виразніше така закономірність проявлялася у Закарпатській області. Площа яблуневих насаджень у 2021–2025 рр. залишалася відносно стабільною, тоді як урожайність змінювалася від 185,0 до 215,0 ц/га, а валовий збір – від 88,4 до 102,0 тис. т. Таким чином, зміни обсягів виробництва за відносно сталої земельної бази формувалися насамперед під впливом продуктивності насаджень. Зростання урожайності яблуні з 198,0 ц/га у 2021 р. до 215,0 ц/га у 2025 р. становило 8,6%, тоді як площа практично повернулася до початкового рівня. Це дозволяє розглядати

Таблиця 1

Стан виробництва плодово-ягідних культур в Україні та в Закарпатській області

Роки	Показники				
	Площа насаджень, тис. га	% до попереднього періоду	Обсяг виробництва, валовий збір, тис. тонн	% до попереднього періоду	Урожайність, ц/га
2020 рік					
по Україні	191,0	97,7	2023,9	95,5	105,6
в Закарпатській	13,4	99,2	100,8	75,8	80,1
2021 рік					
по Україні	190,5	99,7	2235,1	110,4	117,3
в Закарпатській	13,3	99,2	109,1	102,8	86,5
2022 рік					
по Україні	193,4	101,5	1995	89,2	116,1
в Закарпатській	13,4	99,4	106,1	97,3	84,3
2023 рік					
по Україні	187,1	96,7	1996	100,1	119,5
в Закарпатській	13,4	100,3	109,3	103,0	86,1
2024 рік					
по Україні	185,1	81,9	1315	99,7	131,5
в Закарпатській	13,0	97,0	110,8	101,3	185,1
2025 рік					
по Україні	167,0	109,1	1320	182,5	151,5
в Закарпатській	13,0	100,0	98,6	88,9	71,9

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

підвищення продуктивності насаджень як один із основних резервів нарощування виробництва без істотного розширення земельних площ (табл. 3).

Подібні особливості простежувалися для груші (табл. 4). Після зниження урожайності у 2022 р. до 127,5 ц/га у 2023 р. відбулося її відновлення до 134,3 ц/га, однак несприятливі погодні умови 2024 р. знову спричинили зменшення показника до 129,5 ц/га. У 2025 р. урожайність досягла 135,2 ц/га, що було найвищим значенням за аналізований період. Одночасне збільшення площі грушевих насаджень до 12,5 тис. га створило передумови для відновлення валового збору до 162,5 тис. т. Отже, результати свідчать, що валове виробництво формується внаслідок спільної дії двох компонентів – зміни площі плодоносних насаджень та їх урожайності.

Таблиця 2

Стан виробництва зерняткових культур в Україні

Показник	Роки				
	2021	2022	2023	2024	2025
Зерняткові (яблуня)					
Площа, тис.га	84,4	97,4	75,6	82,0	75,0
Валовий збір, тис.тонн	1278,9	1129,0	1173,0	1130,0	1170,0
Урожайність, ц/га	151,5	147,1	154,8	151,5	158,0
Зерняткові (груша)					
Площа, тис.га	12,0	11,8	12,2	12,3	12,5
Валовий збір, тис.тонн	163,3	147,0	163,8	156,5	162,5
Урожайність, ц/га	134,6	127,5	134,2	129,5	135,2

Таблиця 3

Динаміка показників вирощування зерняткових культур в Закарпатській області

Показник	Роки				
	2021	2022	2023	2024	2025
Зерняткові (яблуня)					
Площа, тис.га	5,3	5,1	5,1	5,0	5,2
Валовий збір, тис.тонн	88,4	90,2	100,5	95,0	102,0
Урожайність, ц/га	198,0	185,0	204,0	192,0	215,0

Таблиця 4

Динаміка показників вирощування зерняткових культур в Закарпатській області

Показник	Роки				
	2021	2022	2023	2024	2025
Зерняткові (груша)					
Площа, тис.га	0,9	0,85	0,9	0,95	1,1
Валовий збір, тис.тонн	11,0	10,1	11,6	10,5	12,1
Урожайність, ц/га	138,5	121,5	139,5	121,5	142,5

Міжрічні коливання продуктивності в Закарпатті значною мірою узгоджувалися з погодними умовами. Сприятливі умови вегетаційного періоду 2023 р. сприяли підвищенню продуктивності яблуні та груші, тоді як високі температури й дефіцит вологи у 2024 р. негативно позначилися на формуванні плодів. Наслідком теплового та водного стресу було не лише зниження продуктивності окремих насаджень, а й погіршення товарних характеристик продукції через зменшення середньої маси та калібру плодів. За таких умов технологічні засоби регулювання водного режиму, передусім краплинне зрошення, набувають значення не лише як інструмент підвищення урожайності, а й як механізм зменшення виробничого ризику за посилення кліматичної мінливості.

Виробництво плодів та ягід здійснюється нерівномірно по Україні, тому що залежить від агрокліматичних умов, забезпечення засобами виробництва, ведення інноваційних технологій та історичної обумовленості вирощування певних порід та сортів на конкретній території [4]. До регіонів, які сформували насадження багаторічних на десятках тисяч гектарів належать Дніпропетровська, Закарпатська, Київська, Львівська, Одеська, Хмельницька, Чернівецька області.

У 2021 році зафіксовано рекордні показники урожайності в окремих господарствах (70–90 т/га) в інтенсивних садах, завдяки впровадженню італійських систем догляду. Урожайність була рекордною в інтенсивних професійних садах, наприклад ФГ «Коник»Ужгородського району. Показники традиційно перевищували 50–60 т/га, 55–65 т/га. У 2022 році площі під яблунею дещо скоротилися, але валовий збір зріс. 2023 рік найбільш успішним був у плані урожайності, (сприятлива весна та достатня кількість опадів). 2024 рік: «Рік спеки» [15], аномальні високі температури у липні-серпні 27–32 ºС, спричинили швидке дозрівання плодів, валовий збір трохи знизився через меншу вагу окремих плодів. 2025 рік (багато молодих садів закладених за державними грантами у 2022 році почали повноцінно плодоносити).

Попри загальнонаціональний спад через війну, регіон зберіг виробничий потенціал. Відзначився зростання урожайності на 10–12% (2022–2023 рр.).

У 2024 році аномальна спека та засуха влітку призвели до зменшення калібру плодів у багатьох господарствах, проте загальний валовий збір залишився на стабільному рівні завдяки краплинному зрошенню в садах (ФГ «Коник, ФГ «Перфект»).

Стан та розвиток садівництва в Закарпатській області свідчить про високі урожайності плодів та ягід у сільгосппідприємств і фермерських господарств протягом останніх років, і очевидно, що не однозначну роль тут відіграла підтримка цього сектору виробництва з боку держави.

Виконаний аналіз свідчить, що можливості розвитку садівництва існують. Зокрема, що

підтверджує, є зростання врожайності зерняткових культур. Свідченням є, що виробники оптимізують виробництво через використання сучасних технологій. Перспективи розвитку садівництва вбачається і в тому, що галузь створює високу додану вартість і продовжує надходження до бюджету.

Разом з тим, розвиток галузі садівництва супроводжується низкою проблем. До ключових можна віднести нестабільність і непередбачуваність ситуації на ринку, зменшення внутрішнього попиту а також низку інших. Серед ризиків, з якими стикаються виробники у галузі садівництва:

– зростання собівартості виробленої продукції;

– цінові ризики від фактору сезонності (зниження цін на продукцію);

– матеріальні ресурси;

– транспортування і збут продукції;

– агротехнологічні ризики (грунт, грунтові води тощо);

– ризики шкідників і хвороб (забезпечення якісними засобами захисту зерняткових культур);

– кліматичні ризики (захист від весняних заморозків і аномальних літніх спек).

У виробництві плодово-ягідних культур (зерняткових культур) основна частка припадає на яблуню. В Україні з виробництвом яблук вирізняються регіональні лідери. Так, найбільше їх усіма категоріями господарств виробляється у Вінницькій області. Регіональним лідером промислового вирощування виступає Вінницька область 104,8 тис.тонн. У господарствах населення формувалися переважно за рахунок Вінницької, Чернівецької, Хмельницької, Львівської областей.

Україна – це плодівничий край з багатовіковою історією, тому в перспективі економічного розвитку державі галузь садівництва повинна займати гідне місце. Зважаючи на те, створення плодово-ягідних насаджень вимагає значних капіталовкладень.

Важливою маркетинговою складовою у формуванні пропозиції яблук виокремлюється сорт. В Україні серед сортів яблук популярні такі: зимові Айдаред, Голден Делішес, Ренет, Джонаголд.

Закарпатська область незважаючи на невеликі частки у структурі виробництва продукції рослинництва у Карпатському регіоні та в Україні має добрі темпи його зростання. Найкращі результати зростання, отримані у вирощуванні плодів і ягід фермерськими господарствами, які отримували відповідну державну підтримку.

Цього року Закарпатська область стала безперечним лідером за кількістю грантових заявок на створення нових багаторічних насаджень. Господарства регіону подали майже 40 заявок, плануючи висадити понад 600 гектарів садів, що становить майже 20% від площі, запланованої в межах цієї програми по всій Україні.

Найбільші площі відведені під яблуню (264,8 га) та фундук із волоським горіхом (262,7 га). Також активно висаджують лохину (33 га), груші (10 га),малину (5,2 га) та виноград (1,1 га).

Сади закладають як досвідчені фермери, такі як ФГ «Коник», ФГ «Ренет», ФГ «Перфект», ФГ «Угоча Беррі», СОК «Дари Берегівщини», ТОВ «Агромікс Закарпаття», так і нові, що готуються вийти на ринок. Наприклад, ФГ «Садвинкрафт» у Хустському районі вже висадило сучасні виноградні насадження.

На Закарпатті успішно працює фермерське господарство «Коник». В господарстві 750 тисяч яблунь, – під ними 164 гектари землі з 212-ти, 30 га під грушею, на 7 га вирощують черешню, сливу і абрикос. ФГ «Коник» виробляє близько 30 видів соку за особливою технологією. Господарство використовує сучасні технології в садівництві. Завдяки професійному підходу фермерське господарство збирає до 90 тонн яблук з гектару, понад 20 тонн черешні та 26 тонн груші. Господарство успішно розвивається, при цьому використовує різні методи. Один із них – участь у кредитній державній програмі «5–7–9», за якою отримало майже 5 мільонів гривень грантових коштів від держави в межах програм розвитку та державної підтримки малого і середнього підприємництва в Україні (табл. 5).

ФГ «Коник». Підприємство мало найвищі обсяги доходу серед розглянутих господарств: він зріс із 129,6 млн грн у 2022 р. до 243,0 млн грн у 2024 р., після чого у 2025 р. знизився до 201,8 млн грн. Чистий прибуток був максимальним у 2024 р. – 29,2 млн грн, тоді як у 2025 р. зменшився до 7,2 млн грн, що супроводжувалося зниженням рентабельності з 12,02 до 3,56%. у 2025 р., а кількість працівників скоротилася до 149 осіб.

ФГ «Перфект» засновано в вересні 2012 року. Площа саду 28 га. Вирощуються 14 сортів яблук: Голден Делішес», «Ранній Голден», «Ред Джонапринц», «Флорина», «Гала», «Фуджі», «Гренні Сміт», «Муцу», «Айдаред», «Чемпіон», «Пінова», «Джонаголд Супра», «Ред Чіф», «Ред Спур Делішес». Всі саджанці прищеплені за технологією М-9. На території саду працює крапельний полив.

ФГ «Перфект». Підприємство демонструвало суттєве нарощування доходу – з 8,55 млн грн у 2022 р. до 27,13 млн грн у 2024 р., однак у 2025 р. він дещо зменшився до 23,29 млн грн. Аналогічна тенденція спостерігалася щодо чистого прибутку: максимального рівня 6,57 млн грн він досяг у 2024 р., після чого скоротився до 2,43 млн грн у 2025 р.; рентабельність відповідно знизилася з 24,22 до 10,43%. Водночас активи підприємства стабільно зростали – до 40,06 млн грн, а чисельність працівників збільшилася з 11 до 16 осіб (табл. 6).

СОК «Дари Закарпаття» («Дари Берегівщини»). Підприємство займається садівництвом понад 20 років. Сільськогосподарський кооператив співпрацює з голландською консалтинговою компанією по технологічних рекомендацій щодо правил використання препаратів захисту насаджень яблунь. Крім цього використовують інноваційні засоби захисту від Corteva Agrisciense, які позволяють гарантувати високу якість і безпечність кінцевої продукції.

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Таблиця 5

Фінансова діяльність ФГ «Коник», Ужгородського району

Показник	Роки			
	2022	2023	2024	2025
Дохід, грн.	129 588 000	149 236 000	242 959 000	201 814 000
Чистий прибуток, грн.	1 360 000	8 883 000	29 204 000	7 193 000
Рентабельність,%	1,05	5,95	12,02	3,56
Кількість працівників, чол.	169	166	184	149
Дохід на працівника, грн	766 793	899 012	1 320 429	1 354 456

Таблиця 6

Фінансова діяльність ФГ «Перфект», Ужгородського району

Показник	Роки			
	2022	2023	2024	2025
Дохід, грн.	8 553 400	22 925 500	27 133 300	23 290 900
Чистий прибуток, грн.	1 631 500	4 419 900	6 572 400	2 429 400
Рентабельність, %	19,07	19,28	24,22	10,43
Кількість працівників, чол.	11	15	16	16
Дохід на працівника, грн	777 682	1 528 367	1 695 831	1 455 681

Таблиця 7

Фінансова діяльність СОК «Дари Закарпаття», Берегівського району («Дари Берегівщини»)

Показник	Роки			
	2022	2023	2024	2025
Дохід, грн.	4 440 000	4 837 000	7 368 000	6 986 300
Чистий прибуток, грн.	17 000	14 000	78 000	46 200
Рентабельність, %	0,37	0,29	1,05	0,66
Кількість працівників, чол.	10	25	16	10
Дохід на працівника, грн	444 000	193 000	461 000	698 630

Господарство вирощує 12 європейських сортів яблук, а напої виготовляють на власній виноробній Gut Wine, налагодили випуск натурального яблучного соку «сидру» «CIDRE» Вирощені яблука зберігають у власних холодильних камерах. Частину врожаю підприємство експортує – серед партнерів уже є Франція, Велика Британія та інші країни. Продукцію також реалізують у провідних українських торгівельних мережах «Сільпо», «АТБ», «Екомаркет».

СОК«ДариЗакарпаття»(«ДариБерегівщини»). За наведеними в таблиці даними, у 2022–2023 рр. дохід кооперативу залишався на дуже низькому рівні – 4,44–4,83 млн. грн, тоді як у 2024–2025 р. різко зріс до 7,368 – 6,986 млн грн. Чистий прибуток відповідно збільшився з 17–14 тис. грн у 2022–2023 рр. до 78 тис. грн. у 2024 р., а рентабельність у 2024 р.– зросла до 1,05%, однак у 2025 р. прибуток зменшився до 46,2 тис. грн. відповідно рентабельність становила 0,66%. Таким чином, саме 2024–2025 рр. характеризувались суттєвим активізуванням фінансово-господарської діяльності кооперативу (табл. 7).

Висновки. Здійснивши аналіз динаміки розвитку садівництва, виробництва плодово-ягідних культур (зерняткових) можемо стверджувати, що даний напрямок садівництва розвивається з використанням сучасних технологій вирощування, адаптованих до змін клімату. Підтвердженням цього є те, що попри скорочення площ багаторічних насаджень, урожайність і валові збори культур характеризуються тенденцією до зростання.

Подяки. Автор висловлює подяку фахівцям та працівникам організацій і підприємств садівничої галузі Закарпатської області, інформаційні матеріали та виробничий досвід яких сприяли формуванню інформаційної бази дослідження та проведенню аналізу сучасних тенденцій розвитку садівництва.

Фінансування дослідження. Автор заявляє, що дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Відсутній.

Авторський внесок. Ковач Ю. Е.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; аналіз даних; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ-асистовані технології не використовувалися.

References

1. Shevchuk, H., Hontaruk, Ya.Yu., & Hirenko, M. (2022). Derzhavne rehuliuvannia rozvytku sadivnytstva v Ukraini [State regulation of horticulture development in Ukraine]. Ekonomika ta suspilstvo, 43. https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-43-50 [in Ukrainian].

2. Halat, L.M. (2021). Derzhavna finansova pidtrymka haluzi sadivnytstva yak chynnyk pidvyshchennia yii konkurentospromozhnosti [State financial support for the horticulture sector as a factor in increasing its competitiveness]. Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Ekonomika, 6, 44–55 https://doi.org/10.32851/2708-0366/2021.6.5 [in Ukrainian].

3. Savina, Shch., Sheidyk, K., Marhitai, L., Popovych, H., Vantiukh, O., & Hliudzyk-Shemota, M. (2024). Rozvytok sadivnytstva yak stratehichnyi napriam rehionalnoi ekonomiky Zakarpattia [Horticulture development as a strategic direction of the regional economy of Zakarpattia]. Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice, 5(58), 380–389. https://doi.org/10.55643/fcaptp.5.58.2024.4484 [in Ukrainian].

4. Matviichuk, N.P., & Mudrak, V.P. (2016). Stan haluzi sadivnytstva v Ukraini ta vyznachennia perspektyvnykh napriamiv yii funktsionuvannia [The state of the horticulture sector in Ukraine and identification of promising directions for its functioning]. Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky, 13, 140–144. Available at: http://global-national.in.ua/archive/13-2016/30.pdf [in Ukrainian].

5. Ministerstvo ahrarnoi polityky Ukrainy, Ukrainska akademiia ahrarnykh nauk. (2008). Haluzeva prohrama rozvytku sadivnytstva Ukrainy na period do 2025 roku: zatverdzhena nakazom № 444/74 vid 21 lypnia 2008 roku [Sectoral Programme for the Development of Horticulture in Ukraine for the Period up to 2025: approved by Order No. 444/74 of July 21, 2008] [in Ukrainian].

6. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. (2025). Statystychnyi shchorichnyk Ukrainy za 2024 rik [Statistical Yearbook of Ukraine for 2024]. Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy, 268 [in Ukrainian].

7. Holovne upravlinnia statystyky u Zakarpatskii oblasti. (2024). Statystychnyi shchorichnyk Zakarpattia za 2024 rik [Statistical Yearbook of Zakarpattia for 2024]. Uzhhorod: Holovne upravlinnia statystyky u Zakarpatskii oblasti, 453 [in Ukrainian].

8. Holovne upravlinnia statystyky u Zakarpatskii oblasti. (2025). Statystychna informatsiia u Zakarpatskii oblasti: silske hospodarstvo, lisove hospodarstvo ta rybne hospodarstvo, 2025 [Statistical information in Zakarpattia Region: Agriculture, Forestry and Fisheries, 2025]. Available at: https://uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/apk/2025 [in Ukrainian].

9. Melnyk, V.I., & Pohrishchuk, O.B. (2023). Ekonomichnyi potentsial sadivnytstva u konteksti zmitsnennia intehratsiinykh vzaiemozviazkiv mizh Ukrainoiu ta YeS [Economic potential of horticulture in the context of strengthening integration relations between Ukraine and the EU]. Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriia Ekonomika, 1(61), 26–31. https://doi.org/10.24144/2409-6857.2023.1(61).26-31 [in Ukrainian].

10. Barabash, L.O., Bublyk, M.O., Fryziuk, L.A., Chorna, H.A., & Kostiuk, L.A. (2024). Naukovi zasady staloho rozvytku sadivnytstva v umovakh suchasnykh vyklykiv [Scientific principles of sustainable horticulture development under current challenges]. Sadivnytstvo, 79, 161–168. https://doi.org/10.35205/0558-1125-2024-79-161-168 [in Ukrainian].

11. Kozina, T.V. (2023). Potentsial sadivnytstva ta napriamy yoho efektyvnoho vykorystannia v umovakh Podillia [Horticulture potential and directions for its effective use in the conditions of Podillia]. Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika, 1(38), 20–25. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.3 [in Ukrainian].

12. Sleptsova, L.P. (2023). Ekonomiko-matematychne modeliuvannia optymizatsii vyrobnychykh vytrat u sadivnytstvi [Economic and mathematical modeling of production cost optimization in horticulture]. Visnyk ahrarnoi nauky, 2, 72–78. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202302-10 [in Ukrainian].

13. Komarova, N.V. et al. (2025). Stalyi rozvytok sadivnytstva v Ukraini: ekolohichni ta ekonomichni aspekty [Sustainable development of horticulture in Ukraine: ecological and economic aspects]. Ahrosvit, 4, 91–97. https://doi.org/10.32702/2306-6792.2025.4.91 [in Ukrainian].

14. Romero del Castillo, R., Sans, S., Casafias, F., Soler, S., Prohens, J., Diez, M.J., & Cacals, J. (2021). Fine tuning European geographic quality labels, an opportunity for horticulture diversification: A tentative proposal for the Spanish case. Food Control, 129, 108196. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108196.

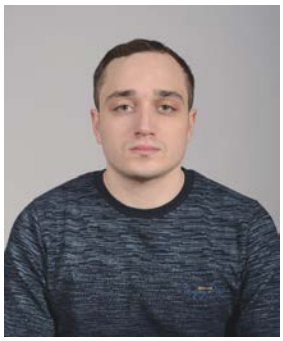
15. Meteo Archiv. (n.d.). Arkhiv pohody Ukrainy po mistakh, po rokakh [Weather archive of Ukraine by cities and years]. Available at: https://meteoarhiv.com.ua/city/uzhhorod?utm_source [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 11.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 634.11:631.8
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-71-75



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



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

ПОКАЗНИКИ ЛИСТЯ ТА ВРОЖАЙНІСТЬ ДЕРЕВ ЯБЛУНІ ЗАЛЕЖНО ВІД ОПТИМІЗОВАНОГО АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ

Азотне живлення є одних з важливих фактором регуляції морфогенезу та формування асиміляційної поверхні яблуні в дерев на слаборослих підщепах. Оптимізація азотного живлення в першій половині вегетації активізує поділ клітин, забезпечуючи інтенсивний ріст листя та пагонів, що дозволяє досягти оптимальних параметрів листкової поверхні на дереві. Водночас надлишкове внесення азотних добрив провокує гіпертрофоване наростання листкової маси, посилює загущення крони, знижує чисту продуктивність фотосинтезу та погіршує якість плодів. Вміст хлорофілу в листкових пластинках яблуні належить до ключових фізіолого-біохімічних параметрів, які безпосередньо визначають продуктивність насаджень, їхню адаптаційну здатність та загальний стан плодового дерева. Концентрація цього пігменту в листі та рівень азотного живлення тісно пов'язані, оскільки оптимізоване внесення добрив активізує обмін речовин і стимулює закладання плодових бруньок. Сучасні глобальні кліматичні зміни супроводжуються стрімким зростанням температурного режиму та дефіцитом атмосферних опадів, що викликано біотичними процесами, коливаннями сонячної радіації та антропогенними чинниками. За подібних екстремальних умов упровадження раціональної системи удобрення, особливо у незрошуваних (богарних) насадженнях яблуні, є одним із найбільш ефективних способів мінімізації стресового навантаження, підтримки функціональності пігментної системи та збереження продуктивності дерев. Більш облиствлені дерева яблуні сортів Ред Топаз і Рубінола були у варіанті з внесення у ґрунт вищої норми азоту (90 к/га д.р.) та моделюю розрахунку азотного живлення з перевищення контролю (без добрив) на 37–52%. Товщина листкової пластинки за внесення азоту збільшувалася на 6–15%. Вміст суми хлорофілів (a+b) у листі обох досліджуваних сортів яблуні був більший за застосування розрахункової норми добрив азоту згідно моделі й застосування фіксованої норми N_{90}. Модель розрахунку оптимізованої норми азоту забезпечувала середню врожайність яблук на рівні 20,7 т/га, а на виробничому контролі – 20,2 т/га, за значно меншої кількості внесеного добрива.
Ключові слова: *яблуня, оптимізоване азотне живлення, площа листя, вміст хлорофілу, урожайність дерев.*

V. Yu. Labunets
PhD student at the Department of Fruit Growing and Viticulture,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: labunetsvladislav@ukr.net
orcid.org/0009-0005-1546-2595
R. V. Yakovenko
Doctor of Agricultural Science,
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

LEAF PARAMETERS AND YIELD OF APPLE TREES AS AFFECTED BY OPTIMIZED NITROGEN NUTRITION

Nitrogen nutrition acts as a leading factor in regulating the morphogenesis and development of the assimilation surface of apple trees on dwarfing rootstocks. Optimizing nitrogen nutrition during the first half of the growing season activates meristematic activity, ensuring intensive leaf growth and elongation of vegetative shoots, which allows achieving optimal leaf area index

parameters per tree. At the same time, excessive application of nitrogen fertilizers induces hypertrophied accumulation of leaf biomass, which increases self-shading within the canopy, reduces net photosynthetic rate, and degrades fruit quality. The chlorophyll content in the leaf blades of apple trees is among the key physiological and biochemical parameters that directly determine orchard productivity, adaptive capacity, and the overall status of the fruit tree. The concentration of this pigment in the leaves and the level of nitrogen nutrition are closely linked, as optimized fertilizer application activates metabolism and stimulates fruit bud initiation. Modern global climate change is accompanied by a rapid increase in temperatures and a deficit of atmospheric precipitation, driven by biotic processes, solar radiation fluctuations, and anthropogenic factors. Under such extreme conditions, implementing a rational fertilization system, particularly in rainfed apple orchards, represents one of the most effective ways to minimize stress loads, maintain the functionality of the pigment system, and sustain tree productivity. Apple trees of the Red Topaz and Rubinola cultivars exhibited greater foliage density in the treatment with a higher soil-applied nitrogen rate (90 kg/ha a.i.) and under the calculated nitrogen nutrition model, exceeding the control (without fertilizers) by 37–52%. Leaf blade thickness increased by 6–15% with nitrogen application. The total content of chlorophylls (a+b) in the leaves of both studied apple cultivars was higher under the calculated fertilizer rate according to the model and under the N_{90} nitrogen application rate. The optimized nitrogen rate calculation model provided an average apple yield of 20.7 t/ha compared to 20.2 t/ha in the commercial control, with a significantly lower amount of applied fertilizer.
Key words: *apple tree, optimized nitrogen nutrition, leaf area, chlorophyll content, tree yield.*

Постановка проблеми. Концентрація хлорофілу в листкових пластинках яблуні та рівень азотного живлення тісно пов'язані, оскільки оптимізоване внесення добрив активізує обмін речовин і стимулює закладання плодових бруньок. Поряд із пігментним комплексом, стан листкової поверхні дерева має важливе значення та виступає передумова засвоєння сонячної енергії та її акумуляції у вигляді біомаси. Значний вплив на листковий апарат має мінеральне живлення. Дослідження впливу оптимізована азотного живлення на формування листкової поверхні та продуктивності плодових насаджень визначає актуальність даного напрямку.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Азотне живлення виступає провідним фактором регуляції морфогенезу та формування асиміляційної поверхні яблуні в дерев на слаборослих підщепах. Оптимізація азотного живлення в першій половині вегетації активізує меристематичну діяльність, забезпечуючи інтенсивний ріст листя та подовження вегетативних пагонів, що дозволяє досягти оптимальних параметрів індексу листкової поверхні на дереві. Водночас надлишкове внесення азотних добрив провокує надмірне наростання листкової маси, що посилює взаємозатінення всередині крони, знижує чисту продуктивність фотосинтезу та погіршує якість плодів [1–5]. Результати комплексних досліджень свідчать, що накопичення хлорофілу в листкових пластинках яблуні є динамічною величиною. Вона обумовлена генетичними особливостями сортопідщепних комбінацій, періодом вегетації, а також гідротермічними умовами та рівнем забезпеченості рослин елементами мінерального живлення [6–8].

Складні погодні умови в період вегетації плодових насаджень, які супроводжуються повітряною та ґрунтовою посухою виступають деструктивним стресовим чинником, що пригнічує загальну фотосинтетичну діяльність та суттєво погіршує поглинання елементів мінерального живлення. За подібних екстремальних умов упровадження раціональної системи удобрення, особливо у незрошуваних насадженнях яблуні, є одним із найбільш ефективних способів мінімізації стресового навантаження, підтримки функціональності пігментної системи та збереження продуктивності дерев [3, 9, 10].

Мета досліджень – дослідити вплив оптимізованого азотного живлення на показники листя та врожайність дослідних дерев яблуні сорту Ред Топаз і Рубінола.

Умови і методика досліджень. Дослідження проводили у насадженні яблуні сортами Ред Топаз і Рубінола Уманського національного університету зі схемою садіння дерев 4×1,5 м на слаборослій клоновій підщепі М.26. Ґрунт дослідної ділянки чорнозем опідзолений з вмістом гумусу в шарах 0–20 і 20–40 см, відповідно, 4,3 та 3,5%, вміст рухомих фосфатів складав 128 та 119 мг/кг, а калію – 212 та 145 мг/кг відповідно. Реакція ґрунтового розчину становила $pH_{сол}$ 6,1. Утримували ґрунт в міжрядді за дерново-перегнійною системою. Насадження яблуні не зрошуване.

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 з доведенням до оптимального вмісту в ґрунті азоту згідно патенту №139762 Україна МПК A01C 21/00 із нормою внесення азоту впродовж років досліджень 28–40 кг/га д.р.; модель розрахунку азотного живлення (від рекомендованої дози – 90 кг/га д.р. віднімали фактичний вміст в ґрунті нітратного азоту – 20–23 мг/кг за показником нітрифікаційної здатності) із нормою внесення азоту впродовж років досліджень 67–70 кг/га д.р.; варіант де добрива не застосовували (абсолютний контроль). Азотні добрива (аміачна селітра) вносили весною за два тижні до початку цвітіння дерев. Повторення дослідних варіантів чотириразове, з п'ятьма обліковими деревами.

Для визначення вмісту суми хлорофілу (*а+в*) у листках яблуні використовувався спектрофотометричний метод. Він включав екстрагування хлорофілів за допомогою 96% етилового спирту, з послідуючим визначенням оптичної густини отриманого екстракту на спектрофотометрі Ulab 102 [11]. Визначення площі листкової пластинки проводили за допомогою мобільного додатку «Petiole». Товщину листкової пластинки вимірювали приладом "Тургометр-І". При визначенні найменшої істотної різниці середніх даних для всього досліду використовували багатофакторний дисперсійний аналіз [12].

Основні результати досліджень. За результатами досліджень, проведених у 2024–2026 рр.,

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

виявлений істотний вплив оптимізованого азотного живлення на листкову поверхню (табл. 1). Найбільше збільшення площі листка відмічене у варіанті виробничого контролю, де вносили у ґрунт 90 к/га д.р. азоту, перевищення абсолютного контролю становило 23%. Така норма азоту зумовлювала вищі показники росту листкової пластинки порівняно з варіантами, де застосовували розрахункові методи визначення норми внесення азотного добрива. Серед досліджуваних сортів більша площа листкової пластинки була у дерев сорту Ред Топаз й перевищувала на 5% сорт Рубінола.

Товщина листкової пластинки також в певній мірі залежала від азотного удобрення. Внесення азоту сприяло збільшення товщини листка на 6–15% порівняно з абсолютним контролем, де добрива не застосовували.

Площа листкової поверхні досліджуваних дерев у середньому за роки досліджень коливалася в межах 4,6–10,3 тис. м^2/га і залежала від сорту і варіантів азотного живлення (табл. 2). Так, найбільше площа листкової поверхні спостерігалася у варіанті виробничого контролю, де перевищення абсолютного контролю становило 48–52%. Більш облиствлені були також дерева у варіанті з моделюю розрахунку азотного живлення з перевищення контролю (без добрив) на 37–44%.

Зміни ґрунтового живлення під впливом азотного удобрення впливало на підвищення продуктивності фотосинтезу завдяки збільшенню вмісту хлорофілу в листках. В середньому за 2024–2026 рр. досліджень істотно більший вплив на вміст суми хлорофілів (*a*+*b*) у листі досліджуваних сортів яблуні Ред Топаз і Рубінола на слаборослій М. 26 підщепі мало застосування розрахункової норми добрив згідно моделі й застосування азоту в нормі N_{90}, відповідно, на 17 і 13 й 17 і 19%.

Таблиця 1

Вплив оптимізованого азотного живлення на показники листкової пластинки дерев яблуні, (середнє за 2024–2026 рр.)

Сорт (чинник А)	Удобрення азотом (чинник В)	Площа листкової пластинки, см^2	% до контролю	Товщина листкової пластинки, мкм	% до контролю
Ред Топаз	0 (абсолютний контроль)	39,0	100,0	212	100,0
	N_{90} (виробничий контроль)	47,9	122,8	243	114,6
	N за нітрифікаційною здатністю	43,4	111,3	240	113,2
	N модель розрахунку азотного живлення	42,1	107,9	239	112,7
Рубінола	0 (абсолютний контроль)	37,8	100,0	252	100,0
	N_{90} (виробничий контроль)	46,3	122,5	282	111,9
	N за нітрифікаційною здатністю	42,4	112,2	272	107,9
	N модель розрахунку азотного живлення	45,7	120,9	268	106,3
$НІР_{05}$		2,8	-	15	-

Таблиця 2

Площа листкової поверхні та вміст хлорофілу в листі дерев яблуні залежно від оптимізованого азотного живлення, (середнє за 2024–2026 рр.)

Сорт (чинник А)	Удобрення азотом (чинник В)	Площа листової поверхні, тис. м^2 /га	% до контролю	Сума хлорофілів (a+b), мг/г сирої маси	% до контролю
Ред Топаз	0 (абсолютний контроль)	6,4	100,0	2,41	100,0
	N_{90} (виробничий контроль)	9,5	148,2	2,83	117,4
	N за нітрифікаційною здатністю	8,4	130,0	2,69	111,6
	N модель розрахунку азотного живлення	8,9	137,8	2,86	118,7
Рубінола	0 (абсолютний контроль)	4,3	100,0	2,52	100,0
	N_{90} (виробничий контроль)	6,5	152,8	2,99	118,7
	N за нітрифікаційною здатністю	5,2	121,5	2,83	112,3
	N модель розрахунку азотного живлення	6,1	144,2	2,84	112,7
$НІР_{05}$		0,8	-	0,14	-

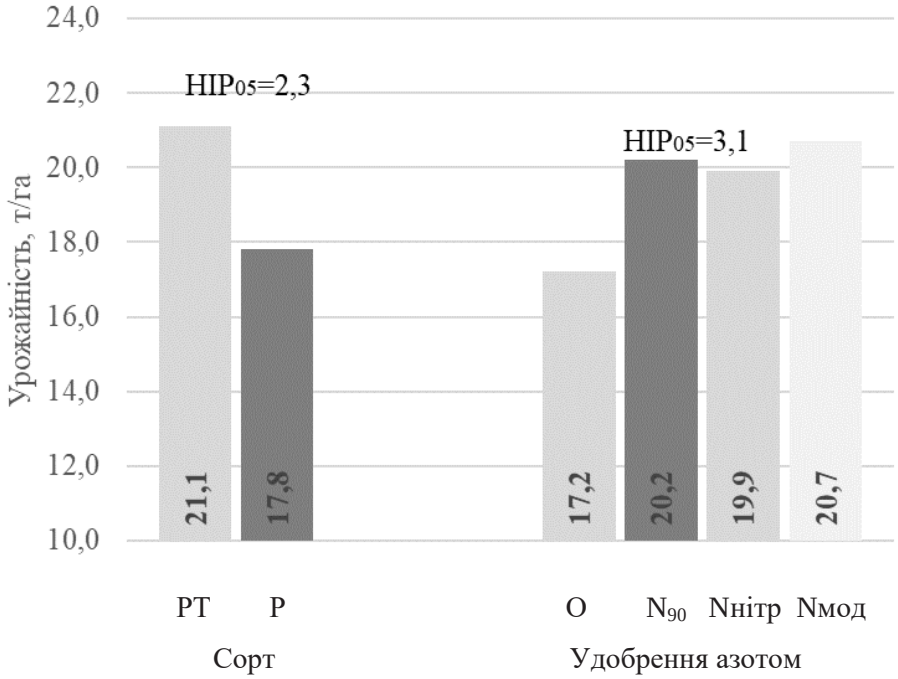


Рис. 1. Урожайність дерев яблуні залежно від оптимізованого азотного живлення (середнє за 2024–2026 рр.): (РТ – Ред Топаз, Р – Рубінола, О – без добрив, N90 – 90 кг/га д.р., Nнітр – за нітрифікаційною здатністю, Nмод – модель розрахунку азотного живлення)

Залежно від фізіологічних показників листя по різному формувалась врожайність дослідних дерев на ділянках варіантів оптимізованого азотного живлення (рис. 1). Двофакторним дисперсійним аналізом встановлено, що найвища середня врожайність дерев яблуні відмічена в сорту Ред Топаз, що істотно перевищувало сорт Рубінола на 3,3 т/га при $НІР_{05}$ = 2,3. Варіанти азотного живлення мали врожайність майже на одному рівні 19,9–20,7 т/га, але істотно вищою вона була у варіанті з моделюю розрахункового внесенням добрив порівняно з абсолютним контролем.

Висновки. Дослідження підтвердили позитивний вплив азотного живлення на параметри листя та продуктивність яблуні сортів Ред Топаз і Рубінола. Застосування підвищеної норми азоту (N_{90}) та оптимізованої розрахункової моделі живлення сприяло збільшенню площі облиствлення дерев на 37–52% порівняно з контрольним варіантом (без добрив). Разом із цим зафіксовано у зазначених варіантах потовщення листкової пластинки на 6–15% та підвищення концентрації суми хлорофілів (*a*+*b*). Модельний розрахунок норми добрив виявився найбільш ефективним і забезпечив середню урожайність дерев яблуні на рівні 20,7 т/га (проти 20,2 т/га на виробничому контролі) за істотного зниження обсягів внесення азоту.

Подяки. Це дослідження виконувалося у 2024–2026 роках відповідно до наукової тематики кафедри плодівництва і виноградарства Уманського національного університету. Автори висловлюють вдячність адміністрації університету за організаційну підтримку під час виконання дослідження.

Фінансування дослідження. Автори заявляють, що дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Відсутній.

Авторський внесок.

Лабунець В. Ю.: проведення експерименту; забезпечення ресурсами та обладнанням; підготовка рукопису – первинний текст; графічне представлення результатів.

Яковенко Р. В.: розробка програми досліджень, наукове консультування під час проведення досліджень, підготовка рукопису – перегляд і редагування.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ-асистовані технології не використовувалися.

References

1. Havryliuk, O., & Kondratenko, T. (2020). *Strukturno-funktsionalnyy stan lystkiv kolovydnykh sortiv yabluni v umovakh Kyivshchyny* [Structural and functional state of leaves of columnar apple cultivars under conditions of Kyiv region]. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrayiny, 16(2), pp. 142-153. https://doi.org/10.31548/dopovidi2020.02.013 [in Ukrainian].

2. 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*, Vol. 110, https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105867

3. Trushev I.M, Chetskyi I.M., Kucher I.O., Pelekhatyi V.M. (2025). *Pokaznyky lystia ta*

arkhitektonika krony derev yabluni zalezhno vid hruntovoho udobrennia ta pozakorenevoho pidzhyvlennia. [Leaf traits and crown architecture of apple trees depending on soil fertilization and foliar feeding]. Zbirnyk naukovykh prats UNU, 108, pp. 104-111. https://doi.org/10.32782/2415-8240-2026-108-1-104-111 [in Ukrainian].

4. Wojdyło, A.; Nowicka, P.; Tkacz, K.; Turkiewicz, I.P. (2021). Fruit Tree Leaves as Unconventional and Valuable Source of Chlorophyll and Carotenoid Compounds Determined by Liquid Chromatography-Photodiode-Quadrupole/Time of Flight-Electrospray Ionization-Mass Spectrometry (LC-PDA-QTof-ESI-MS). *Food Chem,* 349, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129156.

5. Shubenko, L., Shokh, S., Karpuk, L., Pavlichenko, A., & Philipova, L. (2021). Features of growth processes of sweet cherry trees of various ripening terms in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 24 (7), pp. 61-67. https://doi.org/10.48077/scihor.24(7).2021.61-67

6. Youngsuk Lee, Hun Joong Kweon, Moo-Yong Park, Dongyong Lee (2019). Field Assessment of Macronutrients and Nitrogen in Apple Leaves Using a Chlorophyll Meter. *Hort Technology*. Volume 29: Issue 3 (Jun 2019). pp. 300-307. https://doi.org/10.21273/HORTTECH04217-18

7. Yakovenko, R., Kopytko, P., Pelekhatyi, V. (2021). The content of chlorophyll and nutrients in apple leaves depending on longterm fertiliser. *Scientific Horizons*, 24(2), 93-98. https://doi.org/10.48077/scihor.24(2).2021.93-98

8. Rutkowski K., Łysiak P. (2023). Effect of Nitrogen Fertilization on Tree Growth and Mineral Content in Soil and Cherry Leaves (*Prunus cerasus* L.). *Agriculture*. 13(3), 578. https://doi.org/10.3390/agriculture13030578

9. Sete, P.B.; Comin, J.J.; Nara Ciotta, M.; Almeida Salume, J.; Thewes, F.; Brackmann, A.; Toselli, M.; Nava, G.; Rozane, D.E.; Loss, A. (2019). Nitrogen Fertilization Affects Yield and Fruit Quality in Pear. *Sci. Hortic*. 258. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108782.

10. Kowalczyk, W.; Wrona, D.; Przybyłko, S. (2022). Effect of Nitrogen Fertilization of Apple Orchard on Soil Mineral Nitrogen Content, Yielding of the Apple Trees and Nutritional Status of Leaves and Fruits. *Agriculture*. 12. 2169. https://doi.org/10.3390/agriculture12122169

11. Hrytsaienko, Z. M., Hrytsaienko, A. O., & Karpenko, V. P. (2003). *Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i hruntiv* [Methods of biological and agrochemical research of plants and soils]. Kyiv, 320 p. [in Ukrainian].

12. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Kostohryz, P. V., & Opryshko, V. P. (2014). *Osnovy provedennya doslidzhen v ahronomiyi: pidruchnyk* [Principles of doing the research in agronomy: a textbook]. Vinnytsia: PP "TD Edelveis i Ko", 332 p. [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 25.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 632.7:634.23
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-76-85



М. А. Лавренюк
аспірант кафедри захисту і карантину рослин,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: LavreniukMA@ukr.net
orcid.org/0009-0007-1571-980X



І. В. Крикунов
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
завідувач кафедри захисту і карантину рослин,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: kiv1000@ukr.net
orcid.org/0000-0002-8795-2535

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЗИМУЮЧОЇ ПОПУЛЯЦІЇ ТА ПЕРЕЗИМІВЛІ *RHAGOLETIS CERASI* L. В АГРОЦЕНОЗІ ЧЕРЕШНІ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

У статті висвітлено результати дослідження особливостей формування зимуючого запасу Rhagoletis cerasi L. у насадженнях черешні Правобережного Лісостепу України. Актуальність досліджень зумовлена значною шкідливістю виду та необхідністю поглиблення відомостей про ґрунтовий етап його життєвого циклу, який визначає збереження популяції в міжсезонний період і формування чисельності імаго наступного сезону. Метою досліджень було встановлення особливостей формування зимуючого запасу Rhagoletis cerasi L. у насадженнях черешні сортів Валерій Чкалов і Василина, визначення закономірностей вертикального та горизонтального розподілу пупаріїв у ґрунті та оцінювання їх стану після зимівлі залежно від глибини залягання. Дослідження проводили у 2024–2026 рр. у насадженнях черешні навчально-виробничого відділу Уманського національного університету. Стан пупаріїв після перезимівлі оцінювали за результатами трьох завершених зимових періодів – 2023/24, 2024/25 та 2025/26 рр. Ґрунтові проби розміром 50 × 50 см (0,25 м²) відбирали під кронами модельних дерев. Вертикальний розподіл пупаріїв визначали у шарах 0–2, 2–5, 5–10 і 10–15 см, горизонтальний – на відстані 0–0,5; 0,5–1,0; 1,0–1,5 та 1,5–2,0 м від штамба. Після природної зимівлі пупарії утримували в лабораторних умовах за температури 25 ± 1 °С та розподіляли на три категорії: вилетіло імаго, продовжило діапаузу та загинуло. Встановлено, що середня щільність зимуючого запасу Rhagoletis cerasi L. у 2024–2026 рр. становила 8,63 екз./м². У насадженнях сорту Валерій Чкалов вона дорівнювала 7,43 екз./м², а сорту Василина – 9,83 екз./м², що на 32,3% більше. Найбільшу середню щільність зимуючого запасу відзначено у 2025 р. – 9,40 екз./м², порівняно із 7,90 екз./м² у 2024 р. та 8,60 екз./м² у 2026 р. Виявлено чітку просторову локалізацію зимуючих пупаріїв: 90,0% їх загальної кількості містилося у шарі ґрунту 0–10 см, зокрема 45,4% – на глибині 2–5 см. На відстані 0,5–1,5 м від штамба було зосереджено 68,0% зимуючого запасу. Встановлено залежність стану пупаріїв після природної зимівлі від глибини їх залягання. Частка пупаріїв, з яких вилетіли імаго, збільшувалася від 52,3% у шарі 0–2 см до 69,7% на глибині 10–15 см, тоді як частка загиблих зменшувалася відповідно з 32,7 до 12,7%. Частка пупаріїв, які продовжили діапаузу, становила 15,0–17,7%. Наявність таких життєздатних особин свідчить про формування часового резерву популяції та необхідність розмежування фактичного виходу імаго, пролонгованої діапаузи й загибелі пупаріїв під час оцінювання результатів перезимівлі. Практичне значення одержаних результатів полягає в уточненні методичних підходів до ґрунтового моніторингу Rhagoletis cerasi L. Встановлено, що найбільш інформативним є відбір ґрунтових проб у межах 0,5–1,5 м від штамба у верхньому 0–10-сантиметровому шарі ґрунту, насамперед на глибині 2–5 см. Одержані результати можуть бути використані для вдосконалення моніторингу зимуючої популяції та прогнозування чисельності Rhagoletis cerasi L. у насадженнях черешні Правобережного Лісостепу України.

Ключові слова: *Prunus avium L., Rhagoletis cerasi L., пупарій, зимуючий запас, діапауза, перезимівля, вертикальний розподіл, горизонтальний розподіл, ґрунтовий моніторинг.*

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

M. A. Lavreniuk
PhD student at the Department of Plant Protection and Quarantine,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: LavreniukMA@ukr.net
orcid.org/0009-0007-1571-980X
I. V. Krykunov
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Plant Protection and Quarantine,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: kiv1000@ukr.net
orcid.org/0000-0002-8795-2535

PECULIARITIES OF OVERWINTERING POPULATION FORMATION AND OVERWINTERING OF RHAGOLETIS CERASI L. IN SWEET CHERRY AGROCENOSES OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

The article presents the results of a study on the formation of the overwintering population of the European cherry fruit fly, Rhagoletis cerasi L., in sweet cherry orchards of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The relevance of the research is determined by the economic importance of this pest and the need for a better understanding of the soil stage of its life cycle, which plays an important role in population persistence between growing seasons and in the formation of the adult population in the following season. The aim of the study was to determine the peculiarities of overwintering population formation of Rhagoletis cerasi L. in sweet cherry orchards of the Valerii Chkalov and Vasylina cultivars, to establish the patterns of vertical and horizontal distribution of puparia in the soil, and to assess their condition after natural overwintering depending on burial depth. The investigations were conducted in 2024–2026 in sweet cherry orchards of the Educational and Production Department of Uman National University, located in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The condition of puparia after overwintering was assessed for three completed winter periods: 2023/24, 2024/25, and 2025/26. Soil samples measuring 50 × 50 cm (0.25 m²) were collected beneath the canopies of selected trees. The vertical distribution of puparia was assessed at soil depths of 0–2, 2–5, 5–10, and 10–15 cm, while their horizontal distribution was determined at distances of 0–0.5, 0.5–1.0, 1.0–1.5, and 1.5–2.0 m from the trunk. Following natural overwintering, the collected puparia were maintained under laboratory conditions at 25 ± 1 °C and classified into three mutually exclusive categories: adult emergence, continued diapause, and mortality. The average density of the overwintering population of Rhagoletis cerasi L. in 2024–2026 was 8.63 puparia/m². The mean density was 7.43 puparia/m² in the Valerii Chkalov orchard and 9.83 puparia/m² in the Vasylina orchard, the latter being 32.3% higher. The highest mean density was recorded in 2025 at 9.40 puparia/m², compared with 7.90 puparia/m² in 2024 and 8.60 puparia/m² in 2026. A distinct spatial concentration of overwintering puparia was established. A total of 90.0% of the puparia occurred within the upper 0–10 cm soil layer, with the highest proportion (45.4%) recorded at a depth of 2–5 cm. Horizontally, 68.0% of the overwintering population was concentrated within 0.5–1.5 m from the tree trunk. The condition of puparia after natural overwintering was related to burial depth. The proportion of puparia from which adults emerged increased from 52.3% in the 0–2 cm soil layer to 69.7% at a depth of 10–15 cm, whereas mortality decreased from 32.7% to 12.7%, respectively. The proportion of puparia that remained in diapause ranged from 15.0% to 17.7%. The occurrence of viable puparia remaining in prolonged diapause indicates the existence of a temporal population reserve and demonstrates the importance of distinguishing adult emergence, continued diapause, and mortality when assessing overwintering outcomes. The practical significance of the study lies in improving methodological approaches to soil monitoring of Rhagoletis cerasi L. The most informative sampling zone was identified within 0.5–1.5 m from the tree trunk and in the upper 0–10 cm soil layer, particularly at a depth of 2–5 cm. The obtained results can be used to improve monitoring of the overwintering population and to support more accurate forecasting of Rhagoletis cerasi L. abundance in sweet cherry orchards of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.
Key words: *Prunus avium L., Rhagoletis cerasi L., sweet cherry, European cherry fruit fly, puparium, overwintering population, diapause, overwintering, vertical distribution, horizontal distribution, soil monitoring.*

Постановка проблеми. *Prunus avium* L. належить до цінних плодових культур, урожайність і товарні якості плодів якої значною мірою залежать від фітосанітарного стану насаджень. Одним із найбільш небезпечних спеціалізованих шкідників культури в країнах Європи та Західної Азії є *Rhagoletis cerasi* L. *(Diptera: Tephritidae*) [10, 27, 29]. В Україні шкідник має господарське значення в насадженнях черешні та вишні, що зумовлює необхідність систематичного моніторингу його чисельності та вдосконалення систем захисту плодових насаджень [1, 2].

Шкідливість *Rhagoletis cerasi* L. зумовлена розвитком личинок усередині плодів. Після відродження вони живляться м'якушем, унаслідок чого погіршуються товарні та споживчі якості продукції, створюються умови для загнивання плодів, а за високої чисельності шкідника істотно зростають втрати товарного врожаю [2, 10, 27]. Тому своєчасне виявлення шкідника, прогнозування його чисельності та обґрунтоване застосування захисних заходів є важливими складовими технології вирощування черешні [8, 13, 15].

Особливістю життєвого циклу *Rhagoletis cerasi* L. є моновольтинність і тривале перебування популяції у ґрунті. Після завершення живлення личинки залишають плоди, проникають у ґрунт і утворюють пупарії, у яких шкідник перебуває протягом значної частини річного циклу. Пупарії переважно локалізуються у верхніх горизонтах ґрунту під кронами дерев, а типовою глибиною їх залягання вважають 2–5 см [10, 27]. Таке просторове розташування визначає важливе значення ґрунтової стадії як для дослідження біології виду, так і для моніторингу та розробки заходів регулювання його чисельності.

Зимівля *Rhagoletis cerasi* L. відбувається у стадії пупарія і пов'язана з облігатною діапаузою, яка забезпечує сезонну синхронізацію розвитку комахи з умовами середовища та фенологією рослин-живителів [22, 25, 28, 29]. Особливості

завершення діапаузи та постдіапаузного розвитку залежать від температури й тривалості охолодження, а також можуть модифікуватися іншими чинниками середовища [21–23, 28].

Важливою біологічною особливістю виду є здатність частини пупаріїв до пролонгованої діапаузи. Унаслідок цього зимуюча популяція є фізіологічно неоднорідною: частина особин після завершення діапаузи формує імаго наступного сезону, частина гине, а окремі життєздатні пупарії можуть залишатися у стані спокою понад один річний цикл [22, 24–26, 29]. Це ускладнює прогнозування чисельності шкідника лише за величиною осіннього зимуючого запасу.

Отже, для оцінювання потенціалу популяції *Rhagoletis cerasi* L. важливим є визначення не лише загальної щільності пупаріїв у ґрунті, а й особливостей їх вертикального та горизонтального розподілу, а також стану після природної зимівлі. Поєднання цих показників дає змогу повніше характеризувати зимуючий запас і визначати найбільш інформативні зони для проведення ґрунтового моніторингу.

Незважаючи на значний обсяг досліджень біології, діапаузи та постдіапаузного розвитку *Rhagoletis cerasi* L. у країнах Європи [10, 21–29], для умов Правобережного Лісостепу України особливості формування зимуючого запасу та його просторової структури в насадженнях черешні вивчені недостатньо. Зокрема, потребують уточнення сортові відмінності у щільності зимуючих пупаріїв, закономірності їх вертикального й горизонтального розміщення у ґрунті та зміни стану пупаріїв після зимівлі.

У зв'язку з цим дослідження закономірностей формування, просторового розподілу та перезимівлі *Rhagoletis cerasi* L. в агроценозі черешні Правобережного Лісостепу України є актуальним науково-практичним завданням, вирішення якого сприятиме вдосконаленню методики ґрунтового моніторингу, прогнозування чисельності шкідника та обґрунтуванню заходів регулювання його популяції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. *Rhagoletis cerasi* L. є одним із ключових спеціалізованих шкідників черешні та вишні у країнах Європи. Особливості її біології, поширення, фенології, моніторингу та інтегрованого регулювання чисельності узагальнено в роботах C. Daniel і J. Grunder [10], A. Özdem і N. Kılınçer [27]. Важливою біологічною особливістю виду є моновольтинний цикл розвитку, за якого значна частина року припадає на перебування комахи у ґрунті на стадії пупарія [10, 27].

Після завершення живлення личинки залишають плоди, потрапляють на поверхню ґрунту заглиблюються в нього та утворюють пупарії. За даними літератури, звичайною глибиною їх залягання є 2–5 см, причому фактична глибина залежить насамперед від типу ґрунту [10]. Таке просторове розташування зимуючої стадії має важливе практичне значення, оскільки створює можливості для моніторингу та регулювання чисельності шкідника до виходу імаго.

Перспективність впливу на ґрунтові стадії *Rhagoletis cerasi* L. підтверджена експериментальними дослідженнями. C. Daniel і B. Baker [9] встановили ефективність ґрунтових захисних сіток, що обмежували вихід імаго з ґрунту та дали змогу оцінити особливості поширення дорослих особин у насадженнях. I. Kepenekci, S. Hazır і A. Özdem [17] досліджували можливість застосування ентомопатогенних нематод проти личинок *Rhagoletis cerasi* L. у ґрунті, а C. Daniel і E. Wyss [11] оцінювали сприйнятливість різних стадій розвитку шкідника до ентомопатогенних грибів. Сукупність цих результатів підтверджує значення ґрунтового етапу життєвого циклу як перспективного об'єкта інтегрованого регулювання чисельності виду.

Вагомий внесок у розуміння фізіології діапаузи *Rhagoletis cerasi* L. зробили S. A. Papanastasiou, N. T. Papadopoulos та їхні співавтори. Порівняння популяцій із різних екологічних умов виявило відмінності у фізіологічних і біологічних процесах упродовж діапаузи [28]. Це свідчить, що діапауза вишневої мухи є складним фізіологічно регульованим станом, характеристики якого можуть відрізнятися між популяціями, адаптованими до різних умов середовища.

Особливе значення для розуміння температурної регуляції діапаузи мають дослідження C. A. Moraiti, C. T. Nakas і N. T. Papadopoulos [22]. Пупарії географічно віддалених популяцій утримували за різних температур охолодження в діапазоні 0–12 °C та різної тривалості холодового впливу. Встановлено міжпопуляційні відмінності у завершенні діапаузи, які автори пов'язують із поєднанням локальної адаптації та фенотипової пластичності [22]. Результати цих досліджень показали, що для завершення діапаузи важливими є як температурний рівень, так і тривалість охолодження. Зокрема, помірне охолодження сприяло завершенню діапаузи, тоді як недостатня тривалість холодового періоду могла збільшувати частку особин із пролонгованим станом спокою [22]. Отже, реакція пупаріїв на умови зимового періоду є складною і не визначається дією лише одного температурного показника.

Важливою адаптивною особливістю *Rhagoletis cerasi* L. є здатність частини пупаріїв залишатися у стані спокою понад один річний цикл. C. A. Moraiti, C. T. Nakas і N. T. Papadopoulos [24] встановили, що пролонгована діапауза супроводжується певними біологічними витратами, які проявляються на стадії імаго. Водночас збереження частини популяції у ґрунті протягом більше ніж одного сезону може виконувати адаптивну функцію за мінливих умов середовища.

C. A. Moraiti і N. T. Papadopoulos [25] розглядають поєднання облігатної однорічної та наступної факультативної діапаузи як стратегію розподілу ризику в часі (bet-hedging). За такого механізму частина особин однієї генерації не завершує розвиток одночасно з основною масою популяції, а залишається у ґрунті до наступного сезону. Це сприяє збереженню популяції за міжрічної мінливості умов середовища та фенології рослин-живителів [25].

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Фізіологічну неоднорідність пупаріїв підтверджують дослідження S. A. Papanastasiou і N. T. Papadopoulos [29]. Авторами описано послідовні морфологічні стадії розвитку *Rhagoletis cerasi* L. усередині пупарію, що дає змогу точніше характеризувати його фізіологічний стан та диференціювати затримку розвитку і пролонговану діапаузу від загибелі особини [29].

На завершення діапаузи та постдіапаузний розвиток можуть впливати й інші чинники середовища. C. A. Moraiti, K. Köppler, H. Vogt і N. T. Papadopoulos [21] досліджували вплив фотоперіоду та відносної вологості на завершення діапаузи й постзимовий розвиток пупаріїв. Результати засвідчили, що умови середовища здатні модифікувати окремі характеристики постдіапаузного розвитку [21].

Вплив тривалості охолодження на подальший стан комах підтверджено також C. A. Moraiti, E. Verykouki та N. T. Papadopoulos [26]. Автори показали, що пролонговане охолодження та різні варіанти тривалості стану спокою можуть позначатися на біологічних характеристиках імаго. Отже, фізіологічні наслідки зимівлі можуть проявлятися не лише на стадії пупарія, а й після виходу дорослих особин.

Постдіапаузний розвиток *Rhagoletis cerasi* L. характеризується між– та внутрішньопопуляційною мінливістю. C. A. Moraiti зі співавторами [23] встановили відмінності його тривалості між популяціями, пов'язані з локальною адаптацією та особливостями сезонної синхронізації. Такі закономірності мають важливе значення для прогнозування строків появи імаго у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Залежність сезонної активності *Rhagoletis cerasi* L. від локальних умов підтверджують також дослідження O. B. Kovanci і B. Kovanci [18, 19]. Запропонована авторами фенологічна модель [19] та результати вивчення сезонної льотної активності популяцій на різних висотах над рівнем моря [18] свідчать про необхідність регіонального уточнення фенологічних параметрів шкідника.

Сучасний моніторинг *Rhagoletis cerasi* L. ґрунтується на поєднанні обліків за допомогою пасток, фенологічних спостережень та просторової оцінки чисельності. S.-M. Chelaru зі співавторами [8] досліджували можливості пасткового моніторингу шкідника, а C. S. Ioannou зі співавторами [15] запропонували просторову систему підтримки прийняття рішень для регулювання популяцій вишневої мухи в промислових садах. Це підтверджує актуальність удосконалення методів прогнозування, які враховують просторову неоднорідність популяції.

Важливим чинником формування чисельності шкідника є фенологія рослини-живителя. T. Hernik-Zawistowska, K. Michalska і M. Studnicki [14] встановили відмінності у рівні заселення плодів залежно від сорту черешні та системи захисту насаджень. Зокрема, автори відзначили вищий рівень пошкодження пізньостиглих сортів порівняно із сортами більш ранніх строків достигання. Це дає підстави припускати, що сортові та фенологічні особливості насаджень можуть опосередковано впливати на кількість личинок, які завершують розвиток, переходять у ґрунт і формують зимуючий запас.

В Україні *Rhagoletis cerasi* L. залишається важливим об'єктом системи захисту насаджень черешні. Ю. П. Яновський, С. В. Суханов, І. В. Крикунов та О. О. Фоменко [2] досліджували ефективність сучасних інсектицидів проти вишневої мухи у промислових насадженнях черешні. Практичні аспекти біології, моніторингу та захисту кісточкових культур від комплексу шкідливих організмів, зокрема вишневої мухи, висвітлено у відповідних рекомендаціях [1].

Таким чином, у науковій літературі достатньо ґрунтовно висвітлено біологію *Rhagoletis cerasi* L., механізми діапаузи та постдіапаузного розвитку, вплив умов охолодження, можливість пролонгованої діапаузи, особливості моніторингу та окремі способи регулювання чисельності [2, 7–15, 17–29]. Водночас значно менше уваги приділено комплексній польовій оцінці просторової структури зимуючого запасу, зокрема поєднанню даних щодо його щільності в насадженнях різних сортів черешні, вертикального та горизонтального розподілу пупаріїв у ґрунті й стану пупаріїв після природної зимівлі.

Для агроценозів черешні Правобережного Лісостепу України такі відомості залишаються обмеженими. Недостатньо з'ясованими є сортові особливості формування зимуючого запасу *Rhagoletis cerasi* L., закономірності локалізації пупаріїв за глибиною та відстанню від штамба, а також співвідношення після зимівлі пупаріїв, з яких виходять імаго, особин, що продовжують діапаузу, та загиблих особин шкідника. Саме ці невирішені аспекти і визначили напрямок проведених досліджень.

Мета статті – встановлення особливостей формування зимуючого запасу *Rhagoletis cerasi* L. у насадженнях черешні сортів Валерій Чкалов і Василина в умовах Правобережного Лісостепу України, визначення закономірностей вертикального та горизонтального розподілу пупаріїв у ґрунті, а також оцінки їх стану після зимівлі залежно від глибини розташування.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводили в насадженнях черешні навчально-виробничого відділу Уманського національного університету, розташованого в зоні Правобережного Лісостепу України. Досліджували сорти Валерій Чкалов і Василина 2012 року висаджування. Схема розміщення дерев – 6 × 4 м, підщепа – насіннєва.

Обліки проводили на 10 деревах кожного сорту в трикратному повторенні. Для досліджень добирали типові дерева однакового віку, близькі за силою росту, без виражених ознак ослаблення. Дослідні ділянки перебували в однакових ґрунтово-кліматичних умовах та утримувалися за прийнятою в господарстві технологією. Сорт у схемі досліду розглядали як чинник, пов'язаний із формуванням щільності зимуючого

запасу *Rhagoletis cerasi* L., зокрема через відмінності у строках достигання плодів.

Методичну схему досліджень формували з урахуванням моновольтинного циклу розвитку *Rhagoletis cerasi* L. та тривалого перебування виду у ґрунті на стадії пупарія [10, 27]. Осінні ґрунтові обліки використовували для визначення зимуючого запасу, сформованого після завершення личинкового розвитку, а стан пупаріїв після природної зимівлі оцінювали за результатами їх лабораторного утримання. Такий підхід відповідає особливостям життєвого циклу виду, за якого личинки після завершення живлення залишають плоди, заглиблюються у ґрунт і переходять у стадію пупарія [10, 27].

Обліки формування зимуючого запасу *Rhagoletis cerasi* L. проводили у 2024–2026 рр., а оцінювання стану пупаріїв після перезимівлі охоплювало три завершені зимові періоди – 2023/24, 2024/25 та 2025/26 рр.

Для визначення щільності зимуючого запасу *Rhagoletis cerasi* L. ґрунтові проби відбирали під кронами модельних дерев після завершення переходу личинок із плодів у ґрунт. Розмір однієї облікової проби становив 50 × 50 см (0,25 м²). Кількість виявлених у пробі пупаріїв перераховували на 1 м² поверхні ґрунту. Вибір ґрунтового методу обліку обґрунтований особливостями біології *Rhagoletis cerasi* L. та локалізацією пупаріїв переважно у верхніх горизонтах ґрунту під кронами дерев [10].

Вертикальний розподіл пупаріїв визначали шляхом пошарового відбору ґрунту в межах облікової площі 50 × 50 см за горизонтами 0–2, 2–5, 5–10 і 10–15 см. Ґрунт із кожного горизонту відбирали та аналізували окремо, не допускаючи змішування матеріалу різних шарів. Для кожного горизонту визначали абсолютну щільність пупаріїв, екз./м², та їх частку від загальної кількості, %. Виділення верхніх ґрунтових горизонтів пов'язане з тим, що основна частина пупаріїв *Rhagoletis cerasi* L. зосереджується поблизу поверхні ґрунту, найчастіше на глибині близько 2–5 см [10]. Такий підхід забезпечував одночасну характеристику величини зимуючого запасу та особливостей його вертикального розподілу.

Для встановлення горизонтального розподілу пупаріїв ґрунтові проби відбирали в межах проєкції крони на відстані 0–0,5; 0,5–1,0; 1,0–1,5 та 1,5–2,0 м від штамба. Для кожної зони окремо визначали щільність пупаріїв, екз./м², та їх частку в загальному зимуючому запасі відповідного сорту. Доцільність диференційованого обліку в межах проєкції крони зумовлена особливостями завершення личинкового розвитку та локалізацією ґрунтової стадії під рослинами-живителями [9, 10]. Порівняння абсолютних і відносних показників використовували для оцінювання сортових відмінностей загальної чисельності та закономірностей просторового розміщення пупаріїв.

Для оцінювання стану пупаріїв після природної зимівлі ґрунтові проби відбирали навесні до початку масового виходу імаго. Після доставляння до лабораторії проби просіювали, виявлені пупарії очищали від часточок ґрунту, підраховували й оглядали під стереоскопічним мікроскопом.

Відібрані після природної зимівлі пупарії утримували в лабораторних умовах за температури 25 ± 1 °C до завершення основного періоду постдіапаузного розвитку. Упродовж спостережень регулярно реєстрували вихід імаго, після чого оцінювали стан пупаріїв, з яких дорослі особини не вийшли. Під час диференціації їх стану враховували описані S. A. Papanastasiou і N. T. Papadopoulos методичні підходи до визначення морфологічних стадій розвитку *Rhagoletis cerasi* L. усередині пупарію [29].

За результатами лабораторного утримання пупарії розподіляли на три групи: відбувся вилiт імаго, продовжило діапаузу та загинуло. До першої групи відносили пупарії з підтвердженим виходом імаго; до другої – життєздатні пупарії, які не завершили розвиток і продовжили діапаузу; до третьої – загиблі пупарії. Для кожного варіанта сума часток трьох груп становила 100%.

Відсутність виходу імаго сама по собі не розглядалася як безумовна ознака загибелі пупарія. Такий підхід зумовлений особливостями діапаузи *Rhagoletis cerasi* L.: частина життєздатних пупаріїв може не завершувати розвиток протягом одного річного циклу й залишатися у стані пролонгованої діапаузи [24, 25, 29]. Тому під час оцінювання стану зимуючої популяції розмежовували фактичний вихід імаго, продовження діапаузи та загибель особин.

Для визначення залежності стану пупаріїв після зимівлі від глибини їх залягання аналіз проводили окремо для горизонтів 0–2, 2–5, 5–10 та 10–15 см. Для кожного горизонту й зимового періоду визначали частку пупаріїв, з яких вилетіли імаго, частку особин, що продовжили діапаузу, та частку загиблих, %.

Одержані результати узагальнювали за роками досліджень і варіантами досліду. Статистичне опрацювання експериментальних даних проводили методом дисперсійного аналізу. Істотність відмінностей між варіантами оцінювали за рівня статистичної значущості $p \leq 0,05$.

Основні результати дослідження. Проведений аналіз показав, що щільність зимуючого запасу *Rhagoletis cerasi* L. у насадженнях черешні варіювала залежно від сорту та року досліджень. У середньому за 2024–2026 рр. чисельність пупаріїв у ґрунті становила 8,63 екз./м², змінюючись залежно від сорту від 7,43 до 9,83 екз./м² (табл. 1).

Найменшу щільність зимуючого запасу *Rhagoletis cerasi* L. упродовж усього періоду досліджень відзначали в насадженнях ранньостиглого сорту Валерій Чкалов. У 2024 р. вона становила 6,8 екз./м², у 2025 р. – 8,1, а у 2026 р. – 7,4 екз./м². У середньому за три роки під деревами цього сорту обліковували 7,43 пупарія/м², або 86,1% від середньої чисельності в досліді.

У насадженнях сорту Василина щільність зимуючого запасу була стабільно вищою. У 2024 р. вона становила 9,0 екз./м², у 2025 р. зросла до 10,7, а у 2026 р. становила 9,8 екз./м².

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Таблиця 1

Формування зимуючого запасу Rhagoletis cerasi L. залежно від сорту черешні та року досліджень, 2024–2026 рр.

Сорт	Чисельність пупарієв, екз./м²				До середнього, %
	2024 р	2025 р	2026 р.	Сер.	
Валерій Чкалов	6,8	8,1	7,4	7,43	86,1
Василина	9,0	10,7	9,8	9,83	113,9
Середнє	7,90	9,40	8,60	8,63	100,0
$НІР_{005}$	0,43	0,52	0,45	–	–

У середньому за роки досліджень чисельність пупаріїв досягала 9,83 екз./м², або 113,9% від середнього показника досліду.

Отже, у середньому за 2024–2026 рр. щільність зимуючого запасу під деревами сорту Василина була на 2,40 екз./м², або на 32,3%, більшою порівняно із сортом Валерій Чкалов. Різниця між сортами становила 2,20 екз./м² у 2024 р., 2,60 екз./м² у 2025 р. та 2,40 екз./м² у 2026 р. і в усі роки перевищувала відповідні значення $НІР_{0,05}$ – 0,43; 0,52 та 0,45 екз./м², що підтверджує достовірність сортових відмінностей.

Встановлена сортова диференціація зимуючого запасу може бути пов'язана зі строками достигання плодів і відповідно різним ступенем збігу сприйнятливої фази їх розвитку з періодом льоту імаго, яйцекладки та розвитку личинок *Rhagoletis cerasi* L. Раніше достигання плодів сорту Валерій Чкалов скорочує період їх потенційної доступності для заселення, тоді як у сорту Василина триваліший період перебування плодів у сприйнятливому стані може створювати сприятливіші умови для завершення розвитку личинок і подальшого формування ґрунтового запасу пупаріїв.

Між роками досліджень також спостерігалася мінливість чисельності. Найменша середня щільність пупаріїв за двома сортами була у 2024 р. – 7,90 екз./м², найбільша – у 2025 р. – 9,40 екз./м², тоді як у 2026 р. вона становила 8,60 екз./м². У 2025 р. зимуючий запас був на 19,0% більшим порівняно з 2024 р. та на 9,3% – порівняно з 2026 р. При цьому в усі роки досліджень зберігалася однакова сортова закономірність: щільність пупаріїв під деревами Василини була вищою, ніж під деревами Валерія Чкалова.

Отже, результати трирічних спостережень свідчать про наявність сортових відмінностей у формуванні зимуючого запасу *Rhagoletis cerasi* L. У досліджуваному сортовому ряді його середня щільність збільшувалася від 7,43 екз./м² у сорту Валерій Чкалов до 9,83 екз./м² у сорту Василина. Це обґрунтовує доцільність урахування сортового складу та строків достигання плодів під час оцінювання зимуючого запасу і прогнозування чисельності шкідника.

Дослідження вертикального розподілу пупаріїв *Rhagoletis cerasi* L. показало, що переважна частина зимуючого запасу була зосереджена у верхньому шарі ґрунту. Водночас щільність пупаріїв істотно змінювалася залежно від глибини їх залягання (табл. 2).

У середньому за 2024–2026 рр. найбільшу кількість пупаріїв виявляли на глибині 2–5 см – 3,92 екз./м², що становило 45,4% від загального зимуючого запасу. У поверхневому шарі 0–2 см їх щільність становила 1,35 екз./м², або 15,6%. На глибині 5–10 см обліковували в середньому 2,50 екз./м², що відповідало 29,0% загальної кількості.

Таким чином, у шарі ґрунту 0–10 см було зосереджено близько 90% усіх виявлених пупаріїв *Rhagoletis cerasi* L. На глибині 10–15 см їх чисельність знижувалася до 0,86 екз./м², або 10,0% зимуючого запасу.

Характер вертикального розподілу залишався відносно стабільним упродовж трьох років. Частка пупаріїв у найбільш заселеному шарі 2–5 см становила 45,0% у 2024 р., 46,0% у 2025 р. та 45,0% у 2026 р. Це свідчить про закономірну концентрацію основної частини зимуючої популяції *Rhagoletis cerasi* L. у верхніх горизонтах ґрунту. Різниця між щільністю пупаріїв у горизонтах 2–5 і 5–10 см становила 1,27; 1,59 та 1,38 екз./м² відповідно у 2024, 2025 і 2026 рр., що перевищувало $НІР_{0,05}$ (0,33; 0,41 та 0,34 екз./м²) і підтверджувало достовірність переважання горизонту 2–5 см у кожному році досліджень.

Формування такого вертикального профілю пов'язане з особливостями життєвого циклу шкідника. Після завершення розвитку у плодах личинки залишають їх, потрапляють на поверхню ґрунту, заглиблюються та утворюють пупарії. Обмежене вертикальне переміщення личинок зумовлює концентрацію основної частини зимуючого запасу на невеликій глибині.

Таблиця 2

Вертикальний розподіл зимуючих пупаріїв Rhagoletis cerasi L. у ґрунті, 2024–2026 рр.

Глибина залягання, см	Вертикальний розподіл зимуючих пупаріїв							
	2024 р.		2025 р.		2026 р.		Сер.	
	екз./м²	%	екз./м²	%	екз./м²	%	екз./м²	%
0–2	1,26	16,0	1,41	15,0	1,38	16,0	1,35	15,6
2–5	3,56	45,0	4,32	46,0	3,87	45,0	3,92	45,4
5–10	2,29	29,0	2,73	29,0	2,49	29,0	2,50	29,0
10–15	0,79	10,0	0,94	10,0	0,86	10,0	0,86	10,0
Усього	7,90	100,0	9,40	100,0	8,60	100,0	8,63	100,0
$НІР_{005}$	*0,33*	–	*0,41*	–	*0,34*	–	–	–

Встановлена концентрація близько 90% пупаріїв у шарі 0–10 см має практичне значення для моніторингу *Rhagoletis cerasi* L. Під час ґрунтових обліків основну увагу доцільно приділяти саме цьому шару, а найбільш інформативним є горизонт 2–5 см, у якому концентрувалося 45,4% зимуючих пупаріїв.

Аналіз просторового розміщення пупаріїв *Rhagoletis cerasi* L. показав нерівномірність їх горизонтального розподілу в межах проєкції крони дерев. Найбільша щільність формувалася не безпосередньо біля штамба, а на відстані 0,5–1,5 м від нього (табл. 3).

Найбільша частка зимуючих пупаріїв припадала на зону 0,5–1,0 м від штамба – 36,0%. Дещо меншою вона була на відстані 1,0–1,5 м – 32,0%. Отже, у межах 0,5–1,5 м від штамба було зосереджено близько 68,0% загального зимуючого запасу *Rhagoletis cerasi* L.

Безпосередньо біля штамба, на відстані до 0,5 м, виявляли 15,1% пупаріїв, а в периферійній зоні 1,5–2,0 м – 16,9%. Таким чином, як наближення до штамба, так і переміщення до периферії проєкції крони супроводжувалося зменшенням щільності ґрунтової стадії шкідника.

За подібного характеру горизонтального розподілу між сортами спостерігали відмінності за абсолютною кількістю пупаріїв. У насадженнях Валерія Чкалова їх загальна щільність становила 7,43 екз./м². У найбільш заселеній зоні 0,5–1,0 м обліковували 2,67 екз./м², а на відстані 1,0–1,5 м – 2,38 екз./м². У насадженнях Василини відповідні показники становили 3,54 та 3,15 екз./м² за загальної щільності 9,83 екз./м².

Сумарно в зоні 0,5–1,5 м під деревами Валерія Чкалова обліковували 5,05 екз./м², а під деревами Василини – 6,69 екз./м². Водночас відносний розподіл був практично однаковим, що свідчить про подібну просторову структуру зимуючого запасу за різної його абсолютної чисельності. Різниця між зонами 0,5–1,0 і 1,0–1,5 м становила 0,29 екз./м² для сорту Валерій Чкалов, 0,39 екз./м² для сорту Василина та 0,34 екз./м² у середньому; ці значення перевищували відповідні $НІР_{0,05}$ – 0,15; 0,17 та 0,16 екз./м².

Поєднання результатів вертикального та горизонтального аналізу дало змогу визначити зону найбільшої концентрації зимуючої популяції *Rhagoletis cerasi* L.: у вертикальному напрямку – шар ґрунту 2–5 см, у горизонтальному – відстань 0,5–1,5 м від штамба. Саме ця зона є найбільш інформативною для проведення ґрунтового моніторингу шкідника.

Зимовий період є важливим етапом сезонного циклу Rhagoletis cerasi L., оскільки вид зимує у стадії пупарія в ґрунті. У цей період на стан зимуючої популяції впливає комплекс чинників, серед яких найбільше значення мають температура і вологість ґрунту, тривалість періоду охолодження та глибина залягання пупаріїв. В результаті досліджень було встановлено, що стан пупаріїв після природної зимівлі залежав від глибини їх залягання. Лабораторне утримання матеріалу дало змогу розподілити пупарії на три групи: з якої вилетіли імаго, що продовжили діапаузу, та загиблі (табл. 4).

Результати показали чітку залежність стану пупаріїв після зимівлі від глибини їх залягання. У поверхневому шарі 0–2 см частка пупаріїв, з яких вилетіли імаго, становила в середньому 52,3%. Із заглибленням цей показник послідовно зростав: до 62,0% у шарі 2–5 см, 67,7% – у шарі 5–10 см і 69,7% – на глибині 10–15 см. Різниця між крайніми горизонтами 0–2 і 10–15 см за часткою виходу імаго становила 15,0; 14,0 та 23,0 відсоткового пункта після зимових періодів 2023/24, 2024/25 і 2025/26 рр. відповідно та перевищувала $НІР_{0,05}$.

Протилежну закономірність встановлено щодо загибелі пупаріїв. У шарі 0–2 см її середній рівень становив 32,7%, на глибині 2–5 см знижувався до 22,0%, у шарі 5–10 см – до 15,7%, а на глибині 10–15 см – до 12,7%. Різниця між поверхневим горизонтом 0–2 см і шаром 10–15 см становила 20,0 відсоткових пунктів. За цим показником різниця між горизонтами 0–2 і 10–15 см також була істотною в усі зимові періоди: 18,0; 16,0 та 26,0 відсоткового пункта за $НІР_{0,05}$ 1,0; 0,9 та 1,3 відсоткового пункта відповідно.

Частка пупаріїв, що продовжували діапаузу, була значно стабільнішою і в середньому змінювалася від 15,0% у шарі 0–2 см до 17,7% на глибині 10–15 см. Наявність цієї категорії підтверджує, що відсутність виходу імаго після одного зимового періоду не може автоматично трактуватися як загибель пупарія. Пролонгована діапауза є важливою складовою фізіологічної неоднорідності популяцій *Rhagoletis cerasi* L. [21–26, 28,

Таблиця 3

Горизонтальний розподіл пупаріїв Rhagoletis cerasi L. залежно від сорту черешні, середнє за 2024–2026 рр.

Відстань від штамба, м	Горизонтальний розподіл пупаріїв Rhagoletis cerasi залежно від сорту черешні					
	Валерій Чкалов		Василина		Середнє	
	екз./м²	%	екз./м²	%	екз./м²	%
0–0,5	1,12	15,1	1,48	15,1	1,30	15,1
0,5–1,0	2,67	35,9	3,54	36,0	3,11	36,0
1,0–1,5	2,38	32,0	3,15	32,0	2,77	32,0
1,5–2,0	1,26	17,0	1,66	16,9	1,46	16,9
Усього	7,43	100,0	9,83	100,0	8,63	100,0
$НІР_{005}$	*0,15*	–	*0,17*	–	*0,16*	–

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Таблиця 4

Життєздатність пупаріїв Rhagoletis cerasi L. після зимівлі залежно від глибини їх залягання та років досліджень, %

Глибина залягання, см	Після зимового періоду											
	вилетіло імаго, %				продовжило діапаузу, %				загинуло, %			
	2023/24	2024/25	2025/26	Сер.	2023/24	2024/25	2025/26	Сер.	2023/24	2024/25	2025/26	Сер.
0–2	55,0	58,0	44,0	52,3	15,0	16,0	14,0	15,0	30,0	26,0	42,0	32,7
2–5	63,0	66,0	57,0	62,0	16,0	17,0	15,0	16,0	21,0	17,0	28,0	22,0
5–10	68,0	71,0	64,0	67,7	17,0	17,0	16,0	16,7	15,0	12,0	20,0	15,7
10–15	70,0	72,0	67,0	69,7	18,0	18,0	17,0	17,7	12,0	10,0	16,0	12,7
Сер.	64,0	66,8	58,0	62,9	16,5	17,0	15,5	16,4	19,5	16,3	26,5	20,8
$НІР_{005}$	*3,2*	*3,4*	*3,0*	*3,1*	*0,8*	*0,9*	*0,8*	*0,8*	1,0	0,9	1,3	1,1

Примітка. Для кожного варіанта сума часток пупаріїв, з яких вилетіли імаго, тих, що продовжили діапаузу, та загиблих становить 100%.

29]. Попри відносно вузький діапазон середніх значень, різниця між горизонтами 0–2 і 10–15 см становила 3,0; 2,0 та 3,0 відсоткового пункта за $НІР_{0,05}$ 0,8; 0,9 та 0,8 відсоткового пункта відповідно, тобто була статистично достовірною в кожному зимовому періоді.

Між зимовими періодами також спостерігалася мінливість. У середньому за всіма дослідженими глибинами найбільшу частку виходу імаго встановлено після зимівлі 2024/25 рр. – 66,8%, а найменшу – після зимівлі 2025/26 рр. – 58,0%. Частка загиблих пупаріїв у ці періоди становила відповідно 16,3 і 26,5%. Водночас частка пупаріїв, що продовжили діапаузу, змінювалася у значно вужчих межах – 15,5–17,0%.

Найбільше популяційне значення мав горизонт 2–5 см. Хоча частка виходу імаго тут була нижчою, ніж у шарах 5–10 і 10–15 см, саме на цій глибині було зосереджено 45,4% загального зимуючого запасу. Отже, для оцінювання потенційного внеску певного ґрунтового горизонту у формування наступної генерації необхідно враховувати одночасно щільність пупаріїв та їх стан після зимівлі.

Отримані результати показують, що формування та збереження зимуючої популяції *Rhagoletis cerasi* L. визначається комплексом взаємопов'язаних характеристик. Сортові відмінності найбільш чітко проявлялися у величині сформованого зимуючого запасу: під деревами Василини його середня щільність була на 32,3% більшою, ніж під деревами Валерія Чкалова. Водночас просторова структура характеризувалася концентрацією основної кількості пупаріїв у верхньому 10-сантиметровому шарі ґрунту та на відстані 0,5–1,5 м від штамба.

Для практичного ґрунтового моніторингу *Rhagoletis cerasi* L. найбільш інформативним є відбір проб у межах проєкції плодоносної частини крони на відстані 0,5–1,5 м від штамба з диференційованим аналізом верхнього 10-сантиметрового шару ґрунту, особливо горизонту 2–5 см.

Висновки. Проведені дослідження дали змогу встановити особливості формування зимуючого запасу *Rhagoletis cerasi* L. у насадженнях черешні сортів Валерій Чкалов і Василина, визначити закономірності вертикального та горизонтального розподілу пупаріїв у ґрунті та оцінити їх стан після природної зимівлі залежно від глибини залягання.

У 2024–2026 рр. середня щільність зимуючого запасу *Rhagoletis cerasi* L. становила 8,63 екз./м². У насадженнях сорту Валерій Чкалов цей показник становив 7,43 екз./м², сорту Василина – 9,83 екз./м², тобто був на 32,3% вищим. Сортова диференціація щільності зимуючого запасу зберігалася впродовж усіх років досліджень.

Встановлено міжрічну мінливість чисельності зимуючих пупаріїв. Середня щільність запасу за двома сортами становила 7,90 екз./м² у 2024 р., збільшувалася до 9,40 екз./м² у 2025 р. та становила 8,60 екз./м² у 2026 р. Найбільший зимуючий запас, таким чином, формувався у 2025 р.

Вертикальний розподіл пупаріїв характеризувався їх переважною концентрацією у верхніх горизонтах ґрунту. У шарі 0–10 см було зосереджено 90,0% зимуючого запасу, зокрема найбільшу його частку – 45,4% – виявлено на глибині 2–5 см. У шарі 5–10 см містилося 29,0%, 0–2 см – 15,6%, а на глибині 10–15 см – 10,0% пупаріїв. Вертикальна структура зимуючого запасу залишалася відносно стабільною впродовж трьох років досліджень.

Горизонтальний розподіл також мав чітко виражену закономірність: 68,0% зимуючого запасу *Rhagoletis cerasi* L. було зосереджено на відстані 0,5–1,5 м від штамба. Характер просторового розподілу був подібним у насадженнях обох досліджуваних сортів, незважаючи на відмінності абсолютної щільності пупаріїв.

Стан пупаріїв після природної зимівлі залежав від глибини їх залягання. Частка пупаріїв, з яких вилетіли імаго, збільшувалася від 52,3% у шарі 0–2 см до 69,7% на глибині 10–15 см, тоді як частка загиблих зменшувалася відповідно з 32,7 до 12,7%. Частка пупаріїв, які продовжили діапаузу, була порівняно стабільною і становила 15,0–17,7%.

Встановлена наявність життєздатних пупаріїв, які після природної зимівлі не завершили розвиток і продовжили діапаузу, підтверджує необхідність розмежування фактичного виходу імаго, пролонгованої діапаузи та загибелі особин під час оцінювання стану зимуючої популяції *Rhagoletis cerasi* L. Такі пупарії не слід відносити до загиблих, оскільки вони можуть формувати часовий резерв популяції.

За сукупністю показників найбільше популяційне значення мав горизонт 2–5 см, у якому концентрувалося 45,4% зимуючого запасу. Для ґрунтового моніторингу *Rhagoletis cerasi* L. найбільш інформативним є відбір проб у верхньому 0–10-сантиметровому шарі ґрунту, насамперед на глибині 2–5 см, на відстані 0,5–1,5 м від штамба. У насадженнях сорту Василина, де формувався більший зимуючий запас порівняно із сортом Валерій Чкалов, доцільно передбачати більш ретельний контроль ґрунтової стадії шкідника.

Перспективою подальших досліджень є встановлення взаємозв'язку між величиною зимуючого запасу, часткою пупаріїв із пролонгованою діапаузою та фактичною чисельністю імаго в наступному вегетаційному періоді, а також уточнення сортових особливостей формування ґрунтової популяції *Rhagoletis cerasi* L. на ширшому наборі сортів черешні.

Фінансування дослідження. Дане дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Авторський внесок. Лавренюк М. А. та Крикунов І. В. зробили рівноцінний внесок за всіма напрямами – визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; розробка програмного забезпечення; валідація відтворюваності результатів; аналіз даних; проведення експерименту або збирання даних; забезпечення ресурсами таобладнанням; управління даними; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування; графічне представлення результатів; наукове керівництво; адміністрування процесу.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки цього рукопису автор використовував ChatGPT-5 (мовну модель штучного інтелекту) для вдосконалення мовного оформлення та покращення чіткості викладу. Після використання цього інструменту автор ретельно переглянув, перевірив та відредагував весь згенерований контент, щоб забезпечити його точність, оригінальність і відповідність академічним стандартам. Автор несе повну відповідальність за зміст, результати та висновки, представлені в цій публікації.

References

1. Lapa, O.M., Rozova, L.V., Drozda, V.F., Pshets, N.V., Nahorna, L.V., & Bebkevych, M.S. (2009). *Zakhyst kistochkovykh kultur vid shkidnykiv ta khvorob: rekomendatsii* [Protection of stone fruit crops from pests and diseases: Recommendations]. Kyiv, 50 p. [in Ukrainian].

2. Yanovskyi, Yu.P., Sukhanov, S.V., Krykunov, I.V., & Fomenko, O.O. (2023). Efektyvnist zakhystu promyslovykh nasadzhen chereshni vid vyshnevoi mukhy suchasnymy insektytsydamy [Efficiency of protection of commercial sweet cherry orchards against the European cherry fruit fly with modern insecticides]. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 1(272), 27–31. https://doi.org/10.36495/2312-0614.2023.1.27-31 [in Ukrainian].

3. Augustinos, A.A., Asimakopoulou, A.K., Papadopoulos, N.T., & Bourtzis, K. (2011). Cross-amplified microsatellites in the European cherry fly, *Rhagoletis cerasi*: Medium polymorphic–highly informative markers. *Bulletin of Entomological Research*, 101(1), 45–52. https://doi.org/10.1017/S0007485310000167

4. Bakovic, V., Schuler, H., Schebeck, M., Feder, J.L., Stauffer, C., & Ragland, G.J. (2019). Host plant-related genomic differentiation in the European cherry fruit fly, *Rhagoletis cerasi*. *Molecular Ecology*, 28(20), 4648–4666. https://doi.org/10.1111/mec.15239

5. Barringer, L. (2018). First record of the European cherry fruit fly, *Rhagoletis cerasi* (Linnaeus) (Diptera: Tephritidae), in North America. *Insecta Mundi*, 0622, 1–4.

6. Būda, V., Radžiutė, S., Apšegaitė, V., Blažytė-Čereškienė, L., Čepulytė, R., Bumbulytė, G., & Mozūraitis, R. (2022). Electroantennographic and behavioural responses of European cherry fruit fly, *Rhagoletis cerasi*, to the volatile organic compounds from sour cherry, *Prunus cerasus*, fruit. *Insects*, 13(2), 114. https://doi.org/10.3390/insects13020114

7. Çatal, B.Ö., Çalışkan Keçe, A.F., Amangeldi, Z., & Ulusoy, M.R. (2023). Evaluation of control for the management of four pest species (*Rhagoletis cerasi* L., *Ceratitis capitata* Wied., *Drosophila suzukii* Matsumura and *Zaprionus indianus* Gupta) in organic cherry-growing area. *Pest Management Science*, 79(2), 520–525. https://doi.org/10.1002/ps.7250

8. Chelaru, S.-M., Turcu, C.-I., Corneanu, M., & Perju, I. (2021). Monitoring of *Rhagoletis cerasi* L. through the Decis Trap at Iași-Romania. *Current Trends in Natural Sciences*, 10(19), 36–39. https://doi.org/10.47068/ctns.2021.v10i19.004

9. Daniel, C., & Baker, B. (2013). Dispersal of *Rhagoletis cerasi* in commercial cherry orchards: Efficacy of soil covering nets for cherry fruit fly control. *Insects*, 4(1), 168–176. https://doi.org/10.3390/insects4010168

10. Daniel, C., & Grunder, J. (2012). Integrated management of European cherry fruit fly *Rhagoletis cerasi* (L.): Situation in Switzerland and Europe. *Insects*, 3(4), 956–988. https://doi.org/10.3390/insects3040956

11. Daniel, C., & Wyss, E. (2009). Susceptibility of different life stages of the European cherry fruit fly,

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Rhagoletis cerasi, to entomopathogenic fungi. *Journal of Applied Entomology*, 133(6), 473–483. https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2009.01410.x

12. Daniel, C. (2014). *Rhagoletis cerasi*: Oviposition reduction effects of oil products. *Insects*, 5(2), 319–331. https://doi.org/10.3390/insects5020319

13. González-Núñez, M., Cobos, G., & Sánchez-Ramos, I. (2022). Evaluation of mass trapping devices for the control of the European cherry fruit fly [*Rhagoletis cerasi* (L.)]. *Horticulturae*, 8(10), 869. https://doi.org/10.3390/horticulturae8100869

14. Hernik-Zawistowska, T., Michalska, K., & Studnicki, M. (2018). Preliminary observations on cherry (*Prunus avium* L.) infested by the cherry fruit fly (*Rhagoletis cerasi* L.) in protected and unprotected stands. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Horticulture and Landscape Architecture*, 39, 105–116. https://doi.org/10.22630/AHLA.2018.39.10

15. Ioannou, C.S., Papanastasiou, S.A., Zarpas, K.D., Miranda, M.A., Sciarretta, A., Nestel, D., & Papadopoulos, N.T. (2019). Development and field testing of a spatial decision support system to control populations of the European cherry fruit fly, *Rhagoletis cerasi*, in commercial orchards. *Agronomy*, 9(10), 568. https://doi.org/10.3390/agronomy9100568

16. Ivanov, P. (2026). Species composition, biology, and phytosanitary status of Diptera damaging sweet cherry: Overview and monitoring results in Central Southern Bulgaria. *Entomologia Hellenica*, 35(1), 63–79. https://doi.org/10.12681/eh.42433

17. Kepenekci, İ., Hazır, S., & Özdem, A. (2015). Evaluation of native entomopathogenic nematodes for the control of the European cherry fruit fly *Rhagoletis cerasi* L. (Diptera: Tephritidae) larvae in soil. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39(1), 74–79. https://doi.org/10.3906/tar-1403-96

18. Kovanci, O.B., & Kovanci, B. (2006). Effect of altitude on seasonal flight activity of *Rhagoletis cerasi* flies (Diptera: Tephritidae). *Bulletin of Entomological Research*, 96(4), 345–351. https://doi.org/10.1079/BER2006432

19. Kovanci, O.B., & Kovanci, B. (2006). Reduced-risk management of *Rhagoletis cerasi* flies (host race *Prunus*) in combination with a preliminary phenological model. *Journal of Insect Science*, 6, 34, 1–10. https://doi.org/10.1673/031.006.3401

20. Lazić, S., Vuković, S., Šunjka, D., & Žunić, A. (2021). Use of cyantraniliprole in control of *Rhagoletis cerasi* in sweet cherry and its residues. *Acta Horticulturae*, 1308, 349–354. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1308.50

21. Moraiti, C.A., Köppler, K., Vogt, H., & Papadopoulos, N.T. (2020). Effects of photoperiod and relative humidity on diapause termination and post-winter development of *Rhagoletis cerasi* pupae. *Bulletin of Entomological Research*, 110(5), 588–596. https://doi.org/10.1017/S0007485320000073

22. Moraiti, C.A., Nakas, C.T., & Papadopoulos, N.T. (2014). Diapause termination of *Rhagoletis cerasi* pupae is regulated by local adaptation and phenotypic plasticity: Escape in time through bet-hedging strategies. *Journal of Evolutionary Biology*, 27(1), 43–54. https://doi.org/10.1111/jeb.12273

23. Moraiti, C.A., Nakas, C.T., & Papadopoulos, N.T. (2017). Local adaptation, intrapopulation adult emergence patterns, sex and prolonged diapause regulate the rate of postwinter development in pupae of the European cherry fruit fly. *Biological Journal of the Linnean Society*, 121(2), 282–293. https://doi.org/10.1093/biolinnean/blw042

24. Moraiti, C.A., Nakas, C.T., & Papadopoulos, N.T. (2012). Prolonged pupal dormancy is associated with significant fitness cost for adults of *Rhagoletis cerasi* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Insect Physiology*, 58(8), 1128–1135. https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2012.05.012

25. Moraiti, C.A., & Papadopoulos, N.T. (2017). Obligate annual and successive facultative diapause establish a bet-hedging strategy of *Rhagoletis cerasi* (Diptera: Tephritidae) in seasonally unpredictable environments. *Physiological Entomology*, 42(3), 225–231. https://doi.org/10.1111/phen.12206

26. Moraiti, C.A., Verykouki, E., & Papadopoulos, N.T. (2023). Fitness cost of *Rhagoletis cerasi* (Diptera: Tephritidae) adults emerged from pupae with different dormancy regimes: The case of prolonged chilling. *Bulletin of Entomological Research*, 113(1), 11–20. https://doi.org/10.1017/S0007485321000535

27. Özdem, A., & Kılınçer, N. (2008). The biology of the European cherry fruit fly [*Rhagoletis cerasi* L. (Diptera: Tephritidae)]. *Acta Horticulturae*, 795, 897–904. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.795.145

28. Papanastasiou, S.A., Nestel, D., Diamantidis, A.D., Nakas, C.T., & Papadopoulos, N.T. (2011). Physiological and biological patterns of a highland and a coastal population of the European cherry fruit fly during diapause. *Journal of Insect Physiology*, 57(1), 83–93. https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2010.09.008

29. Papanastasiou, S.A., & Papadopoulos, N.T. (2014). Description of *Rhagoletis cerasi* (Diptera: Tephritidae) pupal developmental stages: Indications of prolonged diapause. *Journal of Insect Science*, 14, 156. https://doi.org/10.1093/jisesa/ieu018

30. Wakie, T.T., Yee, W.L., & Neven, L.G. (2018). Assessing the risk of establishment of *Rhagoletis cerasi* (Diptera: Tephritidae) in the United States and globally. *Journal of Economic Entomology*, 111(3), 1275–1284. https://doi.org/10.1093/jee/toy054

Дата першого надходження статті до видання: 30.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії
відкритого доступу CC BY 4.0

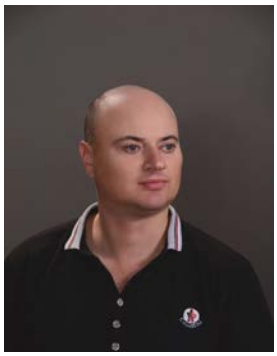
УДК 528.88: 633.358(477.72)
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-86-94



П. В. Лиховид
доктор сільськогосподарських наук, старший дослідник,
головний науковий співробітник відділу використання меліорованих земель,
Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України
(м. Київ, Україна)
E-mail: pavel.likhovid@gmail.com
orcid.org/0000-0002-0314-7644



Д. О. Максимов
кандидат сільськогосподарських наук,
науковий співробітник відділу зрошуваного землеробства
та декарбонізації агроекосистем,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
(смт. Хлібодарське, Одеський район, Одеська область, Україна)
E-mail: maksimovsinger@gmail.com
orcid.org/0009-0001-7461-6321



Г. В. Каращук
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри технологій виробництва
та переробки сільськогосподарської продукції
імені академіка В.Г. Пелиха,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
(м. Кропивницький, Україна)
E-mail: karaschuk_gv@ukr.net
orcid.org/0000-0002-4948-0952

МОДЕЛЮВАННЯ ФЕНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ ГОРОХУ ПОСІВНОГО ЯРОГО ЗА ЧАСОВОЮ ДИНАМІКОЮ ВЕГЕТАЦІЙНИХ ІНДЕКСІВ SENTINEL-2

Залучення даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у практику фенологічного моніторингу сільськогосподарських культур є перспективним завданням сучасної аграрної науки. Беручи до уваги значну кількість наявних супутникових метрик, високу динамічність оптичних властивостей рослинного покриву та строкатість даних залежно від специфічних агроекологічних чинників, науковий і практичний інтерес становить вивчення регіональних особливостей адаптації вегетаційних індексів мультиспектрального та видимого діапазонів для потреб точного землеробства. Мета дослідження полягала у встановленні закономірностей часової динаміки мультиспектральних і RGB-індексів (за даними супутникової системи Sentinel-2) залежно від фенологічних фаз розвитку гороху посівного ярого (Pisum sativum L.) для розробки математичних моделей високоточного супутникового моніторингу посівів в умовах посушливого Степу України. Польові та камеральні дослідження проводили впродовж 2024–2025 рр. на базі дослідних масивів ФГ «Восток» (Херсонська область, Україна). Агротехнологія вирощування гороху ярого сорту Оплот відповідала загальноприйнятим зональним рекомендаціям для неполивних умов південного Степу. Наземні фенологічні спостереження здійснювали систематично за міжнародною шкалою BBCH, починаючи від фази повних сходів і до настання повної стиглості зерна та збирання врожаю. Первинні супутникові дані Sentinel-2 з просторовою роздільною здатністю 10 м отримували та обробляли із застосуванням платформи OneSoil. На основі часових серій спектральних знімків розраховували динаміку мультиспектральних та RGB-індексів, після чого проводили регресійний аналіз і математичне моделювання. Побудова фенологічних кривих та поліноміальних регресійних моделей дала змогу встановити, що специфіку переходу між фенологічними фазами гороху ярого найчіткіше відображають вегетаційні криві мультиспектральних індексів RECI, NDVI, NDWI, а також індексу видимого спектру RGRI. Встановлено, що прогнозування темпів росту та розвитку культури за поліноміальними моделями другого ступеня найвищу точність забезпечує при використанні часових серій NDVI та MSAVI: коефіцієнти детермінації склали 0,89 та 0,93 відповідно за середніх відносних похибок апроксимації, що не перевищували 15%. Індекси видимого спектру (RGB) продемонстрували нижчу чутливість до зміни біомаси та фізіологічного стану рослин протягом вегетації. Водночас серед них високу аналітичну цінність виявила модель на основі індексу RGRI, яка характеризувалася високим

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

коефіцієнтом детермінації 0,80 та відносно низькою відносною похибкою 12%. У результаті виконання роботи вперше для умов посушливого Степу України отримано математично обґрунтовані регресійні моделі зв'язку між фенофазами гороху ярого та часовими серіями супутникових індексів Sentinel-2. Практична цінність результатів полягає у можливості дистанційного прогнозування настання фенологічних фаз гороху посівного ярого у системі точного землеробства.
Ключові слова: *вегетаційний індекс, дистанційне зондування, математичне моделювання, супутниковий моніторинг, фенологія, шкала ВВСН.*

P. V. Lykhovyd
Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher,
Principal Researcher of the Department of Reclaimed Lands Use,
Institute of Water Problems and Land Reclamation of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
E-mail: pavel.likhovid@gmail.com
orcid.org/0000-0002-0314-7644

D. O. Maksymov
Candidate of Agricultural Sciences,
Researcher at the Department of Irrigated Agriculture and Decarbonization of Agroecosystems,
Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Khlibodarske, Odesa district, Odesa region, Ukraine)
E-mail: maksimovsinger@gmail.com
orcid.org/0009-0001-7461-6321

G. V. Karashchuk
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Technologies of Production and Processing of Agricultural Products named after Academician V.G. Pelich,
Kherson State Agrarian and Economic University (Kropyvnytskyi, Ukraine)
E-mail: karaschuk_gv@ukr.net
orcid.org/0000-0002-4948-0952

MODELING PHENOLOGICAL DEVELOPMENT OF SPRING PEAS USING TIME SERIES OF THE SENTINEL-2 VEGETATION INDICES

Integrating Earth observation (EO) data into crop phenological monitoring is a promising task in modern agricultural science. Given the wide range of available satellite metrics, the high dynamics of canopy optical properties, and data variability driven by specific agroecological factors, studying regional features of adapting multispectral and visible vegetation indices for precision agriculture is of substantial scientific and practical interest. The study aimed to determine the patterns of temporal dynamics in multispectral and RGB vegetation indices (derived from Sentinel-2 satellite data) across the phenological development stages of spring field pea (Pisum sativum L.) to develop mathematical models for high-precision satellite monitoring under the conditions of the arid Steppe of Ukraine. Field and laboratory studies were conducted during 2024–2025 at the experimental fields of the "Vostok" farm (Kherson region, Ukraine). Crop management practices for the spring pea cultivar Oplot adhered to standard zonal recommendations for rainfed conditions in the southern Steppe. Ground-based phenological observations were systematically performed according to the BBCH scale, ranging from full emergence to grain full maturity and harvesting. Primary Sentinel-2 satellite data with a spatial resolution of 10 m were retrieved and processed using the OneSoil platform. Time series of multispectral and RGB indices were calculated from spectral imagery, followed by regression analysis and mathematical modeling. Construction of phenological curves and polynomial regression models revealed that transitions between pea phenological stages were most distinctly captured by the vegetation curves of multispectral indices RECI, NDVI, NDWI, and the visible-spectrum index RGRI. Forecasting crop growth and development rates using second-order polynomial models achieved the highest accuracy with NDVI and MSAVI time series, yielding coefficients of determination of 0.89 and 0.93, respectively, with mean relative approximation errors within 15%. Visible-range (RGB) indices demonstrated lower sensitivity to changes in crop biomass and physiological state throughout the growing season. Nevertheless, the RGRI-based model showed high analytical value among RGB metrics, characterized by a coefficient of determination of 0.80 and a comparatively low relative error of 12%. Mathematically sound regression models linking spring pea phenological phases with Sentinel-2 satellite index time series were established for the first time under the conditions of the arid Steppe of Ukraine. The practical significance of the results lies in remote predicting upcoming phenological stages of spring peas within precision agriculture systems.
Key words: *vegetation index, remote sensing, mathematical modeling, satellite monitoring, phenology, BBCH scale.*

Постановка проблеми. Фенологічний моніторинг є важливою складовою агрономічних спостережень, запорукою своєчасного та ефективного реагування на зміну стану посівів шляхом оперативного коригування агротехнології. Традиційні динамічні спостереження вимагають значних витрат часу та матеріально-технічних ресурсів для візитів на поля та виконання окомірної оцінки росту і розвитку рослин. Залучення даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у практику спостережень за динамікою росту і розвитку сільськогосподарських культур і фенологічного моделювання є важливим і актуальним завданням сучасної аграрної науки, оскільки створює передумови автоматизації агромоніторингу, зниження його ресурсомісткості і трансформації на засадах цифровізації та уніфікації, що сприятиме трансферу агровиробничого процесу на засади точного землеробства [1]. На сьогоднішній день дані ДЗЗ стають все більш доступними широкому загалу. Втім, доступність даних не означає автоматичного підвищення ефективності прийняття управлінських рішень і оптимізації агротехнологій, оскільки існують суттєві прогалини в інтерпретації супутникових показників вегетації [2].

Аналіз останні досліджень та публікацій. Фенологія рослин являє собою динамічні зміни етапів їх фізіологічного розвитку, кожній із яких притаманні свої характерні особливості та вимоги до навколишнього середовища

і параметрів агротехнології. Фенологічний моніторинг є надзвичайно важливим для раціонального управління технологією вирощування культури [7]. Втім, донині здатність до високоточного універсального аналізу фенологічного розвитку сільськогосподарських культур на основі даних аерокосмічної зйомки залишається обмеженою, а наукова інтерпретація динаміки супутникових вегетаційних індексів – неоднорідною [6].

У сучасних моделях фенологічного моніторингу, що базуються на даних ДЗЗ, в основу частіше за все покладено так звану фенологічну криву (лінію апроксимації), що є відображенням величини певного вегетаційного індексу впродовж періоду росту і розвитку культури на полі [18]. Власне за кривизною цієї лінії можна робити висновок про перебіг та інтенсивність ростових процесів, а також відмічати критичні періоди і спостерігати за реакцією рослин на стресори. Інший підхід до залучення даних аерокосмічного моніторингу полягає в оцінці тренду (висхідного або низхідного) в історичній згладженій часовій серії величини обраних вегетаційних індексів для встановлення сили імпульсу ростових процесів і порогових значень по кожній із фенологічних фаз. Обидва підходи добре зарекомендували себе у картуванні фенологічного розвитку сільськогосподарських культур на різних за масштабами площах [7].

Емпіричні математичні моделі фенологічного розвитку сільськогосподарських культур також набули певного розвитку та мають високу науково-практичну цінність. Так, було розроблено модель росту і розвитку кукурудзи зернової та сої, вирощуваних в умовах штату Іллінойс, США, яка забезпечувала достатньо високу адекватність і точність прогнозування фенофаз досліджуваних культур на основі згладженої часової серії супутникових знімків Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) – коефіцієнт детермінації перевищив 0,6 за величини середньоквадратичної похибки менше ніж один тиждень [6].

Застосування супутникових знімків Sentinel-2 дозволило побудувати моделі фенологічного розвитку пшениці озимої, картоплі та кукурудзи на силос на основі розрахункових величин фракції фотосинтетично активної радіації (fAPAR) та фракції вегетаційного покриву (fCover), оцінених за даними аерокосмічного знімання. Статистична оцінка розроблених моделей засвідчила про їх високу апроксимаційну адекватність і точність (коефіцієнт детермінації, залежно від культури, коливався в межах 0,95–0,99; середньоквадратична похибка не перевищувала 0,040 діб), що дозволяє стверджувати про перспективність запропонованого підходу до моделювання фенологічного розвитку сільськогосподарських культур [9].

Науковці з Китаю розробили алгоритм глибокого машинного навчання PSeqNet, який поєднує супутникові та метеорологічні дані для виявлення й прогнозування фенологічних фаз росту і розвитку сільськогосподарських культур. Завдяки врахуванню складних взаємозв'язків між фазами розвитку рослин і пов'язаними ростовими процесами, модель перевершила класичні методи за точністю (середня абсолютна помилка прогнозу фенологічної фази склала 3,3–4,0 діб за коефіцієнту кореляції в межах 0,56–0,66) та продемонструвала високу ефективність упродовж вегетаційного періоду рису [20].

Окрім алгоритмів, на точність фенологічного моніторингу впливають і власне предиктори – вегетаційні індекси, обрані у якості вхідних параметрів фенологічних моделей. Найбільш часто до завдань фенологічного моніторингу залучають нормалізований диференційний вегетаційний індекс (NDVI), який є найбільш широко доступним і одним із найбільш вивчених агрономічно значущих супутникових вегетаційних індексів [11]. Для полегшення та автоматизації процесу одержання інформації про фенологію зернових культур науковцями було розроблено програмний пакет CropPhenology для мови програмування R, який дозволяє розрахувати 15 ключових фенологічних індикаторів на основі величини NDVI впродовж вегетаційного періоду, а також виконувати візуалізацію та просторово-часовий аналіз результатів [3].

Втім, окремі дослідники вважають, що NDVI не завжди є оптимальним вибором. Так, наприклад, доведено високу точність оцінки настання фенологічних фаз кукурудзи зернової за динамікою величини атмосферно-стійкого індексу видимого спектрального діапазону (VARI) [21]. Встановлено, що для моніторингу за ростом і розвитком різних сільськогосподарських культур у відмінних агроекологічних умовах потрібно обирати вегетаційні індекси індивідуально, оскільки не існує універсального індикатору оцінки ростових процесів, який би забезпечував стабільну ефективність для різних за морфо-біологічними характеристиками рослин [10]. Розроблено і більш специфічні вегетаційні індекси, наприклад, індекс фенології рослин (PPI), який використовує схожі спектральні канали (червоний і ближній інфра-червоний), але має значно вищу чутливість до динаміки зеленого листкового покриву і меншу – до атмосферних і наземних спотворень [12]. Проте такі високоспецифічні індекси мають нижчу поширеність практичного використання, оскільки більшість платформ аерокосмічного моніторингу, доступні для агровиробників, не пропонують такі індикатори, а ручний розрахунок на основі сирих супутникових знімків є прерогативою науково-педагогічних працівників і спеціалістів, а не агрономів-практиків.

Мета статті. Враховуючи недостатній рівень вивченості питання фенологічного моніторингу сільськогосподарських культур за даними ДЗЗ, мета роботи полягає у встановленні закономірностей динаміки вегетаційних індексів видимого та мультиспектрального спектрів (на основі знімків Sentinel-2) залежно від фенологічних стадій гороху посівного ярого (*Pisum sativum* L.) для забезпечення можливості високоточного специфічного моделювання настання фенологічних фаз культури у зоні південного Степу України.

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Матеріали та методи дослідження. Дослідження фенологічного розвитку гороху посівного ярого за даними ДЗЗ виконували впродовж 2024–2025 рр. на базі дослідних полів, розташованих у ФГ «Восток» Білозерського району Херсонської області. Координати дослідних полів у форматі WGS 84 (World Geodetic System) наступні: 46.713202, 32.227549; 46.735332, 32.327480; 46.735735, 32.335364; 46.718550, 32.301008.

У ґрунтово-кліматичному плані територія господарства належить до зони південного Степу України, характеризується посушливим кліматом (індекс аридності коливається в межах 0,3–0,4) і темно-каштановим середньосуглинковим залишково-солонцюватим ґрунтом, належить до зони ризикованого землеробства [Lykhovyd, 2021].

Польові дослідження проводили з використанням гороху посівного ярого (*Pisum sativum* L.) сорту Оплот, заснованого на загальноприйнятій для умов незрошуваного Степу елементній агротехнології. Попередником у сівозміні була пшениця озима. Основний обробіток ґрунту передбачав осіннє глибоке розпушування на 35–40 см. Передпосівну обробку насіння здійснювали комбінацією протруйника Максим XL 035 FS (д. р. флудіоксаніл, 25 г/л + металаксил-М, 10 г/л) та стимулятора росту Райкат Старт. Сівбу проводили сівалкою прямого висіву Great Plains Spartan із шириною міжрядь 19 см, нормою висіву 1,0–1,1 млн схожих насінин/га та глибиною загортання 4–5 см. Система захисту посівів включала: контроль бур'янів: внесення селективного гербіциду Норвел (д. р. хізалофоп-П-етил, 50 г/л); фунгіцидний захист: обробка рослин у період вегетації препаратом Дерозал 500, КС (д. р. карбендазим, 500 г/л); інсектицидний захист: дворазове внесення препарату Коннект 112.5 SC (д. р. імідаклоприд, 100 г/л + бета-цифлутрин, 12,5 г/л) у фази бутонізації (ВВСН 51–59) та закінчення цвітіння (ВВСН 69).

Збирання урожаю здійснювали методом прямого комбайнування з використанням зернозбирального комбайна Claas Tucano при досягненні повної стиглості зерна.

Фенологічні спостереження виконували як у безпосередніх візитах на дослідні поля, так і за даними ДЗЗ. За початок фенологічної фази вважали період її настання у 75% рослин на полі. Визначали наступні фенологічні фази культури: ВВСН 09–29 (сходи – галуження); ВВСН 30–49 (стеблування – бутонізація); ВВСН 50–69 (бутонізація – цвітіння); ВВСН 70–79 (формування бобів); ВВСН 80–89 (дозрівання). Супутникові дані отримано з платформи OneSoil, яка надає супутникові знімки Sentinel-2 із роздільною здатністю 10 м. Використовували тільки безхмарні знімки із повним покриттям площі дослідних полів без спотворень і білих плям. Розрахунок вегетаційних індексів виконували за загальновизнаною міжнародною методикою у Wolfram One із використанням вбудованого рушія обробки зображень. У дослідах використовували настіпні вегетаційні індекси: мультиспектральні – нормалізований диференційний вегетаційний індекс (NDVI), нормалізований диференційний індекс зволоження (NDMI), нормалізований диференційний індекс червоного краю (NDRE), модифікований коригований на ґрунт вегетаційний індекс (MSAVI), індекс хлорофілу червоного краю (RECI), нормалізований диференційний водний індекс (NDWI), модифікований індекс адсорбції хлорофілу (MCARI); видимого спектру – надлишковий зелений (ExG), різниця надлишкового зеленого і червоного (ExGR), атмосферно-стійкий індекс видимого спектрального діапазону (VARI), індекс зеленої листкової поверхні (GLI), модифікований зелений-червоний вегетаційний індекс (MGRVI), зелений-червоний вегетаційний індекс (GRVI), індекс співвідношення червоного до зеленого (RGRI). У розрахунку вищевказаних індексів використовуються такі спектральні канали: видимий RGB-спектр (r – червоний, g – зелений, b – блакитний), NIR – близький інфрачервоний, SWIR – короткохвильовий інфрачервоний, RedEdge – крайній червоний. Характеристика вегетаційних індексів приведена у табл. 1.

За результатами польових і камеральних досліджень було виконано побудову фенологічних графіків вегетаційних індексів і визначено тісноту взаємозв'язку величини вегетаційних індексів із подобовою динамікою розвитку гороху посівного. Для усіх досліджуваних вегетаційних індексів розроблено поліноміальні регресійні моделі (поліном другого ступеня). Усі розрахунки та графічну роботу виконували за рівня надійності 95% у Microsoft Excel 365 використовуючи вбудований функціонал для аналізу даних [4].

Основні результати дослідження. У ході виконання досліджень відмічено високу репрезентативність величини мультиспектральних вегетаційних індексів щодо фенологічного розвитку гороху посівного ярого (рис. 1). Усі без винятку мультиспектральні індекси передають реальну динаміку фенологічного розвитку культури, а саме: поступове наростання надземної біомаси від початкового періоду росту і розвитку (ВВСН 09–29) до піку у фазу ВВСН 50–69 із поступовим спадом по мірі формування врожаю бобів і їх дозрівання. При цьому важливо вімітити обернено пропорційну криву для індексу водного стресу NDWI. Найбільш чітко відмінності між фенофазами гороху посівного, на наш погляд, передають вегетаційні криві індексів RECI, NDVI, та NDWI. Найбільш складним для інтерпретації фенологічної кривої виявився індекс зволоження NDMI.

Щодо вегетаційних індексів видимого спектру, то вони продемонстрували високу строкатість і нестабільність передачі динаміки росту і розвитку рослин гороху посівного. Максимально чітке уявлення надає індекс RGRI, але його обернено пропорційна дуга (мінімальні величини індексу за пікового розвитку надземної біомаси культури) вимагає додаткової уваги під час інтерпретації, оскільки у більшості випадків логічно очікувати максимальних величин вегетаційного індексу за максимального розвитку зеленого листкового покриву рослин. Вегетаційні індекси ExG та GLI

Таблиця 1

Рівняння для розрахунку і коротка характеристика вегетаційних індексів мультиспектрального і видимого спектру

Індекс	Назва і характеристика	Рівняння
Мультиспектральні індекси		
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index – основний і найбільш поширений вегетаційний індекс для оцінки загального стану рослин, прогнозу врожайності та різнопланового моніторингу [19]	$\frac{\overline{NIR-r}}{NIR+r}$
NDRE	Normalized Difference Red Edge Index, нормалізований диференційний індекс крайнього червоного спектру – маркер азотного живлення рослин [19]	$\frac{NIR-RedEdge}{NIR+RedEdge}$
MSAVI	Modified Soil-Adjusted Vegetation Index – використовується для моніторингу розрідженої рослинності та прогнозування продуктивності посівів [19]	$\frac{2NIR+1-\sqrt{(2NIR+1)^2-8(NIR-r)}}{2}$
MCARI	Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index – специфічний маркер вмісту хлорофілу в тканинах рослин, використовується для моніторингу і прогнозування продуктивності культур [19]	$\overline{[(RedEdge-r)-0.2(RedEdge-g)](\frac{RedEdge}{g})}$
NDMI	Normalized Difference Moisture Index – маркер водного стресу та рівня вологозабезпеченості посівів [13]	$\frac{NIR-SWIR}{NIR+SWIR}$
NDWI	Normalized Difference Water Index – індикатор водного стресу рослин [16]	$\frac{g-NIR}{g+NIR}$
RECI	Red Edge Chlorophyll Index – маркер вмісту хлорофілу в тканинах і забезпеченості рослин азотом [8]	$\overline{\left(\frac{NIR}{RedEdge}\right)-1}$
RGB-індекси (індекси видимого спектру)		
ExG	Excess Green Index – широко використовується для сегментування рослинності [17]	$2g-r-b$
ExGR	Excess Green minus Excess Red Index – використовується для чіткого виокремлення рослинного покриву та вільної від рослин території [17]	$3g-2.4r-b$
GLI	Green Leaf Index – оцінка загальної проєктної площі зеленого листкового покриву [17]	$\frac{\overline{2g-r-b}}{2g+r+b}$
VARI	Visible Atmospherically Resistant Index – атмосферно-коригований індекс оцінки розвитку листкового апарату [17]	$\frac{g-r}{g+r-b}$
MGRVI	Modified Green Red Vegetation Index – індекс, створений для відстеження росту і розвитку рослин за змінами площі листкового покриву [14]	$\frac{g^2-r^2}{g^2+r^2}$
GRVI	Green-Red Vegetation Index – індекс для відстеження росту і розвитку рослин [14]	$\frac{\overline{g-r}}{g+r}$
RGRI	Red-Green Ratio Index – використовується для оцінки вмісту хлорофілу та відстеження динаміки наростання та відмирання зеленої біомаси [5]	$\frac{r}{g}$

мають дуже схожу динаміку, але межі між окремими фенофазами є розмитими, що ускладнює їх використання. Щодо інших вегетаційних індексів видимого спектру, розмах варіювання їх величини надзвичайно ускладнюють фенологічний моніторинг.

Поліноміальні регресійні моделі дозволяють визначити, скільки діб після сівби культури пройшло. Серед мультиспектральних індексів максимальну апроксимаційну точність забезпечили індекси NDMI та MSAVI (коефіцієнт детермінації 0,93), у той час як мінімально приданим для такого моделювання виявився індекс NDRE (коефіцієнт детермінації 0,76) та NDWI (відносна похибка понад 100%). Відносні похибки прогнозів за всіма розробленими моделми наведено в табл. 2. Враховуючи високу похибку для NDMI, і найнижчі величини для NDRE, NDVI та MSAVI, можна дійти висновку, що в посушливих умовах південного Степу України для фенологічного моніторингу і прогнозування розвитку гороху посівного ярого найбільш інформативними є коригований на ґрунтові умови (MSAVI) та стандартний NDVI вегетаційні індекси, оскільки вони забезпечують максимально вдале поєднання високої якості апроксимації фенологічної кривої та точності математичного прогнозування в межах 15% похибки (рис. 2).

Стосовно вегетаційних індексів видимого спектру, їх прогностична цінність суттєво поступається мультиспектральним. Так, максимальну якість апроксимації розвитку культури забезпечили такі індекси як RGRI та GLI (коефіцієнти детермінації 0,80 та 0,79 відповідно), але їх прогностична цінність поступається більшості мультиспектральних метрик (рис. 3). При цьому RGRI забезпечує доволі високу точність прогнозування за похибки в межах 12–13%. Найменшу придатність продемонстрували індекси ExG та ExGR (коефіцієнт детермінації 0,75 і похибка в межах 55–80%).

В цілому, прогнозувати розвиток рослин гороху посівного ярого за даними вегетаційних

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

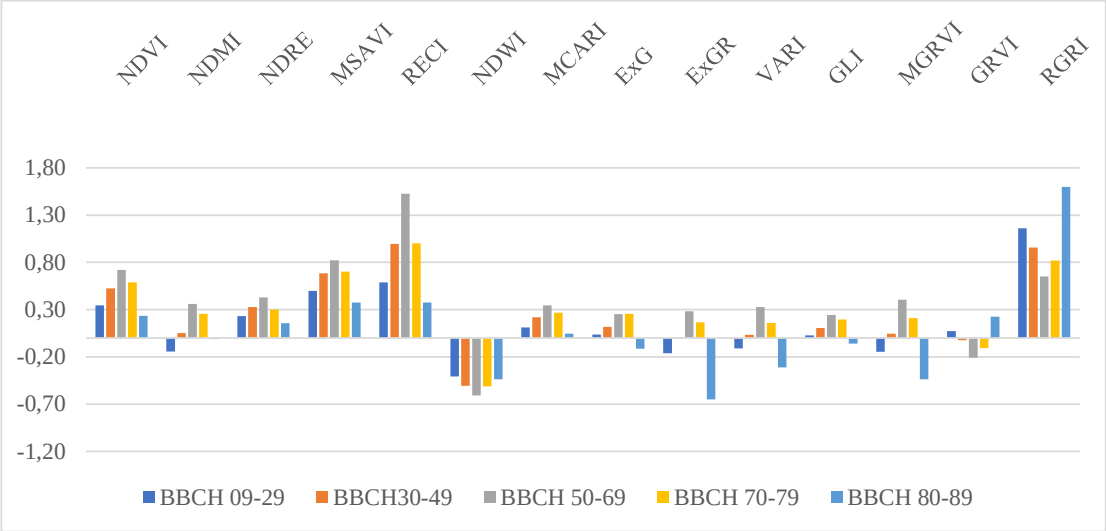


Рис. 1. Динаміка величини вегетаційних індексів за фенологічними фазами розвитку рослин гороху посівного ярого, 2024–2025

Таблиця 2

Відносні похибки поліноміальних моделей фенологічного розвитку гороху посівного ярого залежно від величини вегетаційного індексу*

Індекс	Відносна похибка, %	Індекс	Відносна похибка, %
NDVI	12,67	ExG	77,11
NDMI	49,36	ExGR	57,97
MSAVI	14,59	GLI	56,67
MCARI	46,45	VARI	62,89
RECI	16,99	MGRVI	67,40
NDRE	11,65	GRVI	58,19
NDWI	117,70	RGRI	12,08

**Примітка: 10% похибки – приблизно 8 діб вегетації культури.*

індексів видимого спектру є більш складним і менш точним завданням. Відсутність специфічних спектральних каналів дається взнаки, а стандартний RGB-спектр виявляється обмеженим у своїй здатності чітко передавати особливості процесів фенологічного розвитку культури. Таким чином, не дивлячись на потенційну економію коштів, оскільки вартість супутникових знімків видимого спектру є значно нижчою за мультиспектральні, не доцільно використовувати RGB-метрики для фенологічного моніторингу посівів гороху ярого.

Висновки. За результатами досліджень встановлено, що мультиспектральні вегетаційні індекси є джерелом цінної інформації про фенологію гороху посівного ярого. Максимально ефективне розмежування фенологічних фаз культури за вегетаційною кривою забезпечили індекси RECI, NDVI, та NDWI. Прогнозування строків росту і розвитку гороху посівного ярого в посушливих умовах південного Степу України за поліноміальною регресійною моделлю другого ступеня найбільш точно можна здійснити за часовою серією мультиспектральних індексів NDVI та MSAVI (коефіцієнт детермінації моделі становив 0,89 та 0,93 відповідно за похибок в межах 15%). Вегетаційні індекси видимого спектру продемонстрували істотно гіршу здатність передавати динаміку ростових процесів культури. Поліноміальні регресійні моделі продемонстрували загалом нижчу точність і якість апроксимації, втім, на увагу заслуговує модель на базі вегетаційного індексу RGRI (коефіцієнт детермінації 0,80 та похибка 12% відповідно).

Подяки. Автори висловлюють вдячність фермерському господарству «Восток» Білозерського району Херсонської області за надання бази та організаційну підтримку під час виконання дослідження.

Фінансування дослідження. Автори заявляють, що дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Авторський внесок.

Лиховид П. В.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; валідація відтворюваності результатів; аналіз даних; управління даними; підготовка рукопису – первинний текст; графічне представлення результатів; наукове керівництво; адміністрування процесу.

Максимов Д. О.: визначення концепції дослідження; проведення експерименту; забезпечення ресурсами та обладнанням; управління даними.

Каращук Г. В.: валідація відтворюваності результатів; підготовка рукопису – перегляд і редагування; залучення фінансування.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ-асистовані технології не використовувалися.

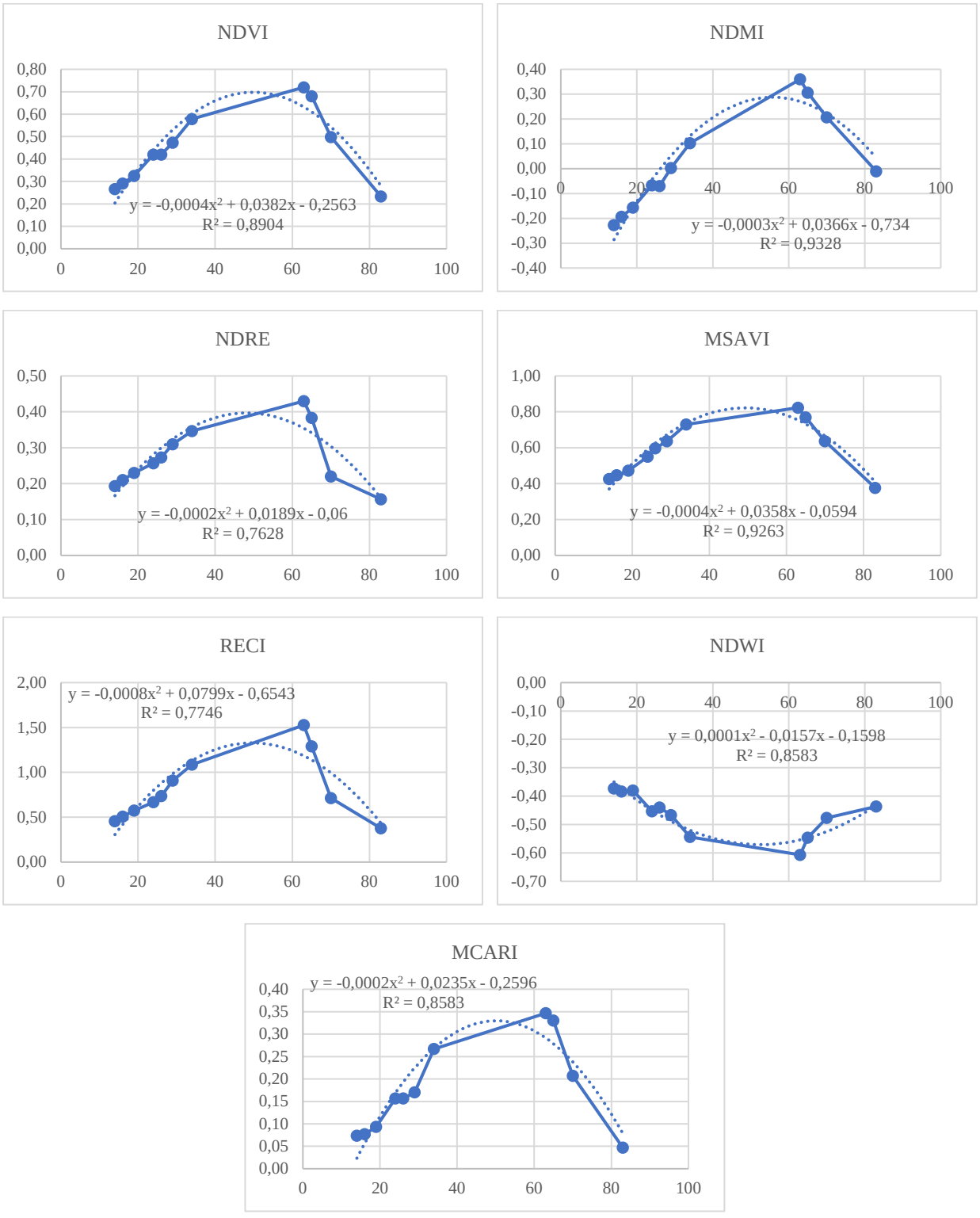


Рис. 2. Поліноміальні регресійні моделі розвитку гороху посівного ярого залежно від величини мультиспектрального вегетаційного індексу

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

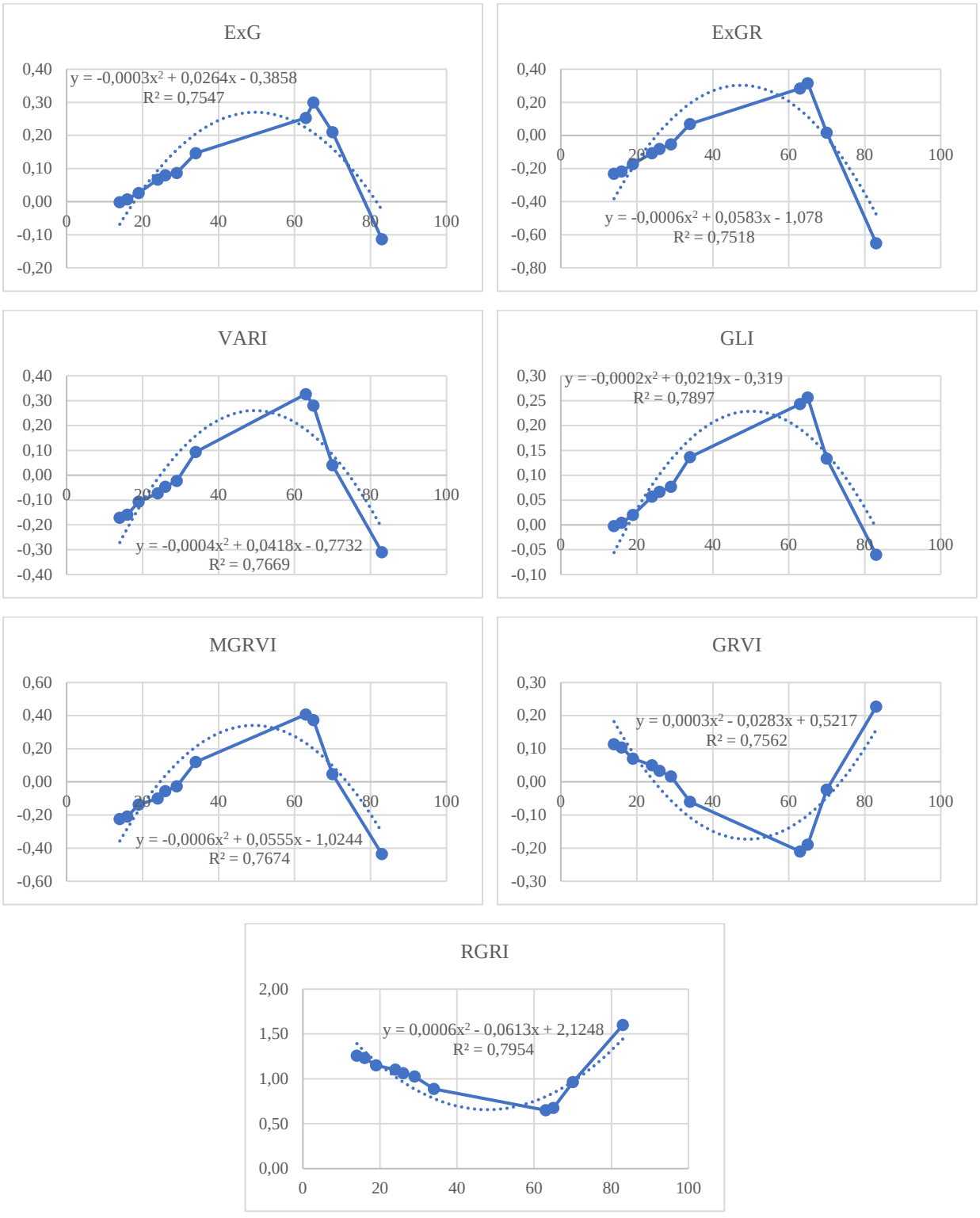


Рис. 3. Поліноміальні регресійні моделі розвитку гороху посівного ярого залежно від величини вегетаційного індексу видимого спектру

References

1. Lykhovyd, P. V., Vozhehova, R. A., Averchev, O. V. (2025). Ahroekolohichnyj i fenolohichnyj monitorynh posiviv burkunu biloho z vykorystannyam normalizovanoho dyferencijnoho vehetacijnoho indeksu [Agroecological and phenological monitoring of white melilot crops using normalized difference vegetation index]. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 145(1), 190–196. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.22 [In Ukrainian].

2. Shulha, S. S., Vasylkovska, K. V., Moroz, S. M., Vasylkovska, M. O. (2026). Analiz zminy indeksiv vehetaciyi pry vyroshhuvanni silskohospodarskykh kultur [Analysis of changes in vegetation indices during the cultivation of agricultural crops]. *Ahrarni Innovatsii*, 35, 381–388. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.35.54 [In Ukrainian].

3. Araya, S., Ostendorf, B., Lyle, G., Lewis, M. (2018). CropPhenology: An R package for extracting crop phenology from time series remotely sensed vegetation index imagery. *Ecological Informatics*, 46, 45–56. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2018.05.006

4. Burzul, S. (2024). On the pros and cons of using Excel for regression analysis. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 12(s2), 2234–2241. https://doi.org/10.24925/turjaf.v12s2.2234-2241.6931

5. Chen, C., Yuan, X., Gan, S., Luo, W., Bi, R., Li, R., Gao, S. (2024). A new vegetation index based on UAV for extracting plateau vegetation information. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 128, 103668. https://doi.org/10.1016/j.jag.2024.103668

6. Diao, C. (2020). Remote sensing phenological monitoring framework to characterize corn and soybean physiological growing stages. *Remote Sensing of Environment*, 248, 111960. https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111960

7. Gao, F., Zhang, X. (2021). Mapping crop phenology in near real-time using satellite remote sensing: Challenges and opportunities. *Journal of Remote Sensing*, 2021, 8379391. https://doi.org/10.34133/2021/8379391

8. Gitelson, A. A., Vinaa, A., Ciganda, V., Rundquist, D. C., Arkebauer, T. J. (2005). Remote estimation of canopy chlorophyll content in crops. *Geophysical Research Letters*, 32, L08403. https://doi.org/10.1029/2005GL022688

9. Gobin, A., Sallah, A. H. M., Curnel, Y., Delvoye, C., Weiss, M., Wellens, J., Piccard, I., Planchon, V., Tychon, B., Goffart, J.-P., Defourny, P. (2023). Crop phenology modelling using proximal and satellite sensor data. *Remote Sensing*, 15(8), 2090. https://doi.org/10.3390/rs15082090

10. Hatfield, J. L., Prueger, J. H. (2010). Value of using different vegetative indices to quantify agricultural crop characteristics at different growth stages under varying management practices. *Remote Sensing*, 2(2), 562–578. https://doi.org/10.3390/rs2020562

11. Ji, Z., Pan, Y., Zhu, X., Wang, J., & Li, Q. (2021). Prediction of crop yield using phenological information extracted from remote sensing vegetation index. *Sensors*, 21(4), 1406. https://doi.org/10.3390/s21041406

12. Jin, H., Eklundh, L. (2014). A physically based vegetation index for improved monitoring of plant phenology. *Remote Sensing of Environment*, 152, 512–525. https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.07.010

13. Lastovicka, J., Svec, P., Paluba, D., Kobliuk, N., Svoboda, J., Hladky, R., Stych, P. (2020). Sentinel-2 data in an evaluation of the impact of the disturbances on forest vegetation. *Remote Sensing*, 12, 1914. https://doi.org/10.3390/rs12121914

14. Lima, C. S., Soares, A. J. T., Nogueira, B. S., Vian, A. L., Carvalho, I. R., Bredemeier, C. (2026). Methodology for selecting stable UAV-based vegetation indices for prediction of agronomic variables in maize using a multispectral sensor. *Plants*, 15(12), 1782. https://doi.org/10.3390/plants15121782

15. Lykhovyd, P. (2021). Irrigation needs in Ukraine according to current aridity level. *Journal of Ecological Engineering*, 22(8), 11–18. https://doi.org/10.12911/22998993/140478

16. McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17, 1425–1432. https://doi.org/10.1080/01431169608948714

17. Rosen, L., Ewing, P. M., Runck, B. C. (2024). RGB-based indices for estimating cover crop biomass, nitrogen content, and carbon:nitrogen ratio. *Agronomy Journal*, 116(6), 3070–3080. https://doi.org/10.1002/agj2.21657

18. Seo, B., Lee, J., Lee, K. D., Hong, S., Kang, S. (2019). Improving remotely-sensed crop monitoring by NDVI-based crop phenology estimators for corn and soybeans in Iowa and Illinois, USA. *Field Crops Research*, 238, 113–128. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.03.015

19. Sishodia, R. P., Ray, R. L., Singh, S. K. (2020). Applications of remote sensing in precision agriculture: A review. *Remote Sensing*, 12, 3136. https://doi.org/10.3390/rs12193136

20. Tian, Q., Jiang, H., Zhong, R., Xiong, X., Wang, X., Huang, J., Du, Z., Lin, T. (2025). PSeqNet: A crop phenology monitoring model accounting for phenological associations. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 225, 257–274. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2025.04.039

21. Vina, A., Gitelson, A. A., Rundquist, D. C., Keydan, G., Leavitt, B., Schepers, J. (2004). Monitoring maize (Zea mays L.) phenology with remote sensing. *Agronomy Journal*, 96(4), 1139–1147. https://doi.org/10.2134/agronj2004.1139

Дата першого надходження статті до видання: 05.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 631.559:635.116:631.8](477.4)
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-95-101



А. Т. Мартинюк
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри агрохімії і грунтознавства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: martunyk_andriy_t@ukr.net
orcid.org/0000-0002-5751-0760



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



О. Д. Черно
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри агрохімії і грунтознавства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: o.cherno@ukr.net
orcid.org/0000-0001-5021-9340



О. Ю. Стасінєвич
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри агрохімії і грунтознавства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: stasinevych@ukr.net
orcid.org/0009-0006-6192-5295

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНСТІ Й ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЯКОСТЕЙ КОРЕНЕПЛОДІВ БУРЯКУ ЦУКРОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ УДОБРЕННЯ І ДОЗ ДОБРИВ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

У статті наведено результати дослідження з вивчення впливу різних доз мінеральних і органічних добрив за мінеральної, органічної та органо-мінеральної систем удобрення в польовій сівозміні на формування врожайності й технологічних якостей коренеплодів буряку цукрового. Дослідження проведено в стаціонарному польовому досліді, закладеному в 1964 році на дослідному полі Уманського національного університету, розміщеному в Правобережному Лісостепу України з географічними координатами за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14'східної довготи. Дослідженнями встановлено, що поєднання органічних добрив з мінеральними за органо-мінеральної системи удобрення забезпечило найвищу врожайність коренеплодів 51,8 т/га за внесення під буряк цукровий 45 т/га гною + $N_{90}P_{202}K_{45}$. Істотне зниження вмісту цукру в коренеплодах – на 0,9%, порівняно з контролем, спостерігалося за удобрення буряку цукрового дозою $N_{180}P_{180}K_{180}$ за мінеральної системи удобрення. За органічної системи удобрення зниження вмісту цукру в коренеплодах було найменшим, порівняно з мінеральною та органо-мінеральними системи і склало 0,1–0,4%. Незалежно від системи удобрення, за внесення під буряк цукровий різних доз мінеральних і органічних добрив збільшувався вміст кондуктометричної золи у коренеплодах до контролю без добрив на 0,022–0,132%, вихід меляси – на 0,17–0,99%, втрати цукру в мелясі – на 0,09–0,50% та знижувалися вихід цукру з коренеплодів на 0,11–1,29% і коефіцієнт заводу на 1–4 одиниці. Органо-мінеральна система удобрення забезпечувала не лише найвищу врожайність коренеплодів, порівняно з міне-

ральною та органічною системами, але й найвищий умовний вихід цукру на заводі. За внесення під буряк цукровий 45 т/га гною + $N_{90}P_{202}K_{45}$ заводський вихід цукру склав 7,42 т/га.
Ключові слова: *буряк цукровий, удобрення, коренеплоди, технологічна якість, вихід цукру.*

A. T. Martyniuk
PhD of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Agrochemistry and Soil Science,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: martunyk_andriy_t@ukr.net
orcid.org/0000-0002-5751-0760
H. M. Hospodarenko
Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Agrochemistry and Soil Science,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: Hospodarenko@gmail.com
orcid.org/0000-0002-6495-2647
O. D. Cherno
PhD of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Agrochemistry and Soil Science,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: o.cherno@ukr.net
orcid.org/0000-0001-5021-9340
O. Yu. Stasinievych
PhD of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Agrochemistry and Soil Science,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: stasinevych@ukr.net
orcid.org/0009-0006-6192-5295

FORMATION OF YIELD AND TECHNOLOGICAL QUALITY OF SUGAR BEET ROOTS DEPENDING ON FERTILIZATION SYSTEMS AND FERTILIZER RATES IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE

The article presents the results of a study on the influence of different rates of mineral and organic fertilizers under mineral, organic, and organo-mineral fertilization systems in a field crop rotation on the formation of yield and technological quality of sugar beet roots. The study was conducted in a long-term field experiment established in 1964 at the experimental field of Uman National University, located in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine at the geographical coordinates 48°46′ N and 30°14′ E.The study established that combining organic and mineral fertilizers under the organo-mineral fertilization system provided the highest root yield, 51.8 t/ha, when 45 t/ha of manure + $N_{90}P_{202}K_{45}$ was applied to sugar beet. A significant decrease in root sugar content, by 0.9% compared with the control, was observed when sugar beet was fertilized with $N_{180}P_{180}K_{180}$ under the mineral fertilization system. Under the organic fertilization system, the decrease in root sugar content was the smallest compared with the mineral and organo-mineral systems and amounted to 0.1–0.4%. Regardless of the fertilization system, the application of different rates of mineral and organic fertilizers to sugar beet increased the conductometric ash content in roots by 0.022–0.132% relative to the unfertilized control, molasses yield by 0.17–0.99%, and sugar losses in molasses by 0.09–0.50%, while reducing sugar yield from roots by 0.11–1.29% and the factory coefficient by 1–4 units. The organo-mineral fertilization system provided not only the highest root yield compared with the mineral and organic systems, but also the highest potential factory sugar yield. When 45 t/ha of manure + $N_{90}P_{202}K_{45}$ was applied to sugar beet, factory sugar yield reached 7.42 t/ha.
Key words: *fertilizer rates, fertilization system, sugar beet, roots, technological quality, factory sugar yield.*

Постановка проблеми. Світовий досвід інтенсивного землеробства свідчить, що 50–70% приросту врожаю сільськогосподарської продукції у країнах Західної Європи та США одержують завдяки добривам [4]. Важливою складовою технології вирощування буряку цукрового є впровадження у виробництво високопродуктивних гібридів вітчизняної й закордонної селекції та створення оптимальних умов для їх збалансованого мінерального живлення [1, 14]. Впровадження науково-обгрунтованої системи удобрення буряку цукрового – один із важливих чинників одержання високого рівня врожайності коренеплодів та їх технологічної якості [2, 11].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тривалі дослідження, проведені в зернобурякових сівозмінах показали, що найдієвішими заходами регулювання мінерального живлення буряку цукрового є оптимізація доз, форм і способів застосування мінеральних добрив, поєднання їх з органічними, а також вирощування високопродуктивних гібридів, які генетично адаптовані до сучасних інтенсивних технологій [7, 13, 16, 18].

На думку [8, 15, 20–21] система удобрення сучасних гібридів буряку цукрового має свої особливості. З підвищенням продуктивності рослини потребують засвоєння більшої кількості елементів живлення, вони більш чутливі до стресів, зростає потреба в макро– й мікроелементах у найбільш критичні фази росту та розвитку.

За даними Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, у тривалому стаціонарному досліді на Верхняцькій дослідно-селекційній станції урожайність коренеплодів на чорноземі опідзоленому за внесення під буряк цукровий мінеральних добрив у дозі $N_{120}P_{100}K_{140}$ у ланці з конюшиною становила 41,5–45,0 т/га, вико-вівсом –43.7 т/га. Збір цукру відповідно становив 6,18–7,41 та 7,21 т/га. На Уладово-Люлинецькій дослідно-селекційній станці від збільшення доз мінеральних добрив з $N_{90}P_{110}K_{130}$ до $N_{130}P_{160}K_{200}$ урожайність буряку цукрового

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

в середньому за чотири роки підвищилась на 0,31 т/га [18].

В умовах нестійкого зволоження Лісостепової зони високу продуктивність буряку цукрового на чорноземі опідзоленому забезпечувала органічна система удобрення. В середньому за 50 років дослідження за внесення 60 т/га гною врожайність коренеплодів склала 41,6 т/га, збір цукру – 7,09 т/га [12].

Дослідженнями інших учених [7, 11, 16, 25], встановлено, що саме органо-мінеральна система удобрення створює збалансоване мінеральне живлення рослин буряку цукрового впродовж усього періоду їх росту й розвитку, формує високу біологічну продуктивність і технологічну якість коренеплодів . Ефективність органо-мінерального удобрення обумовлена збалансованим вмістом макро- й мікроелементів у складі гною, що забезпечує оптимальне живлення рослин буряку цукрового [4, 23, 26].

Оцінювання гібридів лише за врожайністю й цукристістю не дає повної характеристики їх продуктивності та якості коренеплодів, як сировини для одержання цукру. Відомо, що за однієї й тієї цукристості коренеплодів вихід цукру зазвичай неоднаковий. Тому продуктивність гібридів буряку цукрового необхідно оцінювати комплексно, з обов'язковим урахуванням технологічних показників якості коренеплодів з поля та після їх зберігання [15, 24].

Мета статті – висвітлити вплив різних систем удобрення (мінеральної, органічної та органо-мінеральної) і доз добрив у польовій сівозміні на формування врожайності й технологічних якостей коренеплодів буряку цукрового.

Матеріали та методи дослідження. Експериментальні дослідження проведено на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому в стаціонарному польовому досліді кафедри агрохімії і грунтознавства Уманського національного університету, закладеному в 1964 році (атестат № 88) [5, 19], розміщеному в Правобережному Лісостепу України з географічними координатами за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи. Перед закладанням досліду ґрунт мав такі агрохімічні показники: вміст гумусу (за методом Тюріна) – 3,31%; pH_{KCl} – 6,2; гідролітична кислотність – 2,5 смоль/кг; ступінь насичення основами – 92%; азоту легкогідролізованих сполук (за методом Тюріна-Кононової) – 48 мг/кг, рухомих сполук фосфору (за методом Труога) – 150 і обмінного калію (за методом Бровкіної) – 90 мг/кг.

Для закладання досліду використовували напівперепрілий гній ВРХ на солом'яній підстилці та мінеральні добрива у формі аміачної селітри, суперфосфату гранульованого і калію хлористого.

Площа дослідної ділянки складає 180 м^2, облікової – 100 м^2. Розміщення ділянок послідовне, повторність досліду триразова.

Гібрид буряку цукрового Акація (KWS), який внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні з 2015 року, вирощували у 10-ти пільній польовій сівозміні з типовими для регіону сільськогосподарськими культурами у ланці з конюшиною одного року використання після пшениці озимої за загальноприйнятою технологією для Правобережного Лісостепу [6].

Облік урожаю буряку цукрового проводили суцільним поділянковим методом, статистичну обробку даних – методом дисперсійного аналізу з використанням програми «Agrostat», MSOfficeExel. Технологічні якості коренеплодів визначали на Уманській дослідній станції тютюнництва (нині Дослідна станція Київського аграрного університету НААН України) [3].

Основні результати досліджень. Проведені дослідження показали, що в умовах нестійкого зволоження на чорноземі опідзоленому в середньому за 2020–2022 рр. урожайність коренеплодів на природному тлі родючості становила 31,4 т/га (табл. 1).

Внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ під буряк цукровий за мінеральної системи удобрення підвищило врожайність коренеплодів до контролю без добрив у 2020 році на 8,4 т/га, в 2021 р. – на 11,1, а в 2022 році – на 11,4 т/га, за абсолютних показників – 30,8; 45,3 та 48,9 т/га.

За дози добрив $N_{135}P_{135}K_{135}$ підвищення склало у 2020 році 12,1 т/га, в 2021 р. – 16,7, а 2022 році – 16,6 т/га, за абсолютних показників – 34,5; 50,9 та 54,1 т/га. Збільшення дози мінеральних добрив до $N_{180}P_{180}K_{180}$ підвищило врожайність коренеплодів у 2020 році на 14,7 т/га, в 2021 р. – на 22,9, а в 2022 році – на 20,9 т/га, за абсолютних показників, відповідно, – 37,1; 57,1 та 58,4 т/га.

За органічної системи удобрення врожайність коренеплодів, порівняно з контролем, була вищою на 28–51%. Застосування 30 т/га гною підвищило врожайність коренеплодів у 2020 році на 7,1 т/га, 2021 р. – на 10,4, а в 2022 році – на 8,7 т/га, за абсолютних показників, відповідно, 29,5; 44,6 та 46,1 т/га. Внесення 45 т/гною під буряк цукровий збільшило врожайність коренеплодів у 2020 році на 11,2 т/га, в 2021 р. – 14,1, а в 2022 році – на 12,7 т/га, за абсолютних показників 33,6; 48,3 та 50,2 т/га. За 60 т/га гною збільшення врожайності коренеплодів становило у 2020 році 13,8 т/га, в 2021 р. – 17,7, а в 2022 році – 16,2 т/га, за абсолютних показників, відповідно, 36,2 т/га, 51,9 та 53,7 т/га.

Таблиця 1

Урожайність коренеплодів буряку цукрового залежно від систем удобрення і доз добрив, т/га

Варіант досліду	2020 р.	2021 р.	2022 р.	Середнє за три роки
Без добрив (контроль)	22,4	34,2	37,5	31,4
$N_{90}P_{90}K_{90}$	30,8	45,3	48,9	41,7
$N_{135}P_{135}K_{135}$	34,5	50,9	54,1	46,4
$N_{180}P_{180}K_{180}$	37,1	57,1	58,4	50,9
30 т/га гною	29,5	44,6	46,1	40,1
45 т/га гною	33,6	48,3	50,2	44,1
60 т/га гною	36,2	51,9	53,7	47,3
15 т/га гною +$N_{30}P_{67}K_{15}$	30,3	46,8	51,8	42,9
30 т/га гною + $N_{60}P_{135}K_{30}$	35,4	52,7	56,5	48,2
45 т/га гною + $N_{90}P_{202}K_{45}$	38,2	57,8	59,3	51,8
$НІР_{05}$	2,7	2,5	2,9	

Поєднання органічних добрив з мінеральними за органо-мінеральної системи удобрення забезпечило найвищу врожайність коренеплодів, порівняно з мінеральною та органічною системами. В середньому за три роки дослідження вона була більшою, порівняно до контролю, залежно від доз добрив на 37–65%. Внесення під буряк цукровий 15 т/га гною + $N_{30}P_{67}K_{15}$ підвищило врожайність коренеплодів у 2020 році на 7,9 т/га, в 2021 р. – на 12,6, а в 2022 році – на 14,3,6 т/га, за абсолютних показників – 30,3; 46,8 та 51,8 т/га Застосування під буряк 30 т/га гною + $N_{60}P_{135}K_{30}$ сприяло збільшенню врожайності коренеплодів у 2020 році на 13,0 т/га, в 2021 р. – 18,5 т/га, а в 2022 році – на 19,0 т/га, за абсолютних показників – 35,4; 52,7 та 56,5 т/га. За збільшення доз мінеральних і органічних добрив у півтори рази (45 т/га гною + $N_{90}P_{202}K_{45}$) приріст урожайності коренеплодів у 2020 році склав 15,8 т/га, в 2021 р. – 23,6 т/га, а в 2022 році – 21,8 т/га, за абсолютних показників, відповідно, 38,2; 57,8 та 59,3 т/га. Незалежно від системи удобрення, у всі роки проведення дослідження приріст урожайності коренеплодів, порівняно до контролю, за варіантами досліду був істотним за $НІР_{05}$ = 2,6; 2,5 та 2,8 т/га.

Вміст цукру в коренеплодах є одним із важливих показників якості цукрової сировини фабричних посівів буряку цукрового. На цей показник істотно впливають системи удобрення, дози мінеральних і органічних добрив, а також погодні умови.

Як окремо в роки дослідження, так і в середньому за 2020–2022 рр. найвищий вміст цукру 17,8% був у коренеплодах, що вирощували на ділянках без добрив (табл. 2).

За мінеральної системи удобрення спостерігалося істотне зниження вмісту цукру в коренеплодах – на 0,3–0,9% за $НІР_{05}$ = 0,2–0,4%. Удобрення буряку цукрового дозою добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$ знижувало цукристість коренеплодів, порівняно з контролем, на 0,3%, за дози $N_{135}P_{135}K_{135}$ – на 0,6%, а за дози $N_{180}P_{180}K_{180}$ – на 0,9%.

За органічної системи удобрення зниження вмісту цукру в коренеплодах було найменшим, порівняно з мінеральною та органо-мінеральними системи. Застосування під буряк цукрових 30 т/га гною знижувало вміст цукру в коренеплодах, порівняно з контролем, у 2020 році на 0,2%, у 2021 р. – на 0,1%, а в 2022 році його вміст був на рівні контролю – 17,8%. За дози гною 45 т/га цукристість коренеплодів у 2020 році становила 18,3%, в 2021 р. – 16,7, а в 2022 році – 17,6%. В середньому за три роки вміст цукру в коренеплодах був нижчим від контролю на 0,3%. Більш істотним було зниження цукристості коренеплодів за внесення під буряк цукрових 60 т/га гною, яке в середньому за три роки склало 0,4%, за абсолютного показника 17,4%.

Поєднання мінеральних добрив з органічними позитивно вплинуло на накопичення цукру в коренеплодах. Так, за внесення під буряк цукровий 15 т/га гною + $N_{30}P_{67}K_{15}$ вміст цукру в коренеплодах в середньому за три становив 17,6%, що на 0,2% менше контролю. Застосування під буряк 30 т/га гною + $N_{60}P_{135}K_{30}$ знижувало вміст цукру в коренеплодах на 0,4%, а за збільшення доз мінеральних і органічних добрив у півтори рази (45 т/га гною + $N_{90}P_{202}K_{45}$) – на 0,7%, порівняно з контролем.

Таблиця 2

Цукристість коренеплодів буряку цукрового залежно від систем удобрення і доз добрив, %

Варіант досліду	2020 р.	2021 р.	2022 р.	Середнє за три роки
Без добрив (контроль)	18,7	16,8	17,8	17,8
$N_{90}P_{90}K_{90}$	18,3	16,6	17,5	17,5
$N_{135}P_{135}K_{135}$	18,1	16,3	17,3	17,2
$N_{180}P_{180}K_{180}$	17,9	16,0	17,0	16,9
30 т/га гною	18,5	16,9	17,8	17,7
45 т/га гною	18,3	16,7	17,6	17,5
60 т/га гною	18,2	16,5	17,4	17,4
15 т/га гною + $N_{30}P_{67}K_{15}$	18,5	16,6	17,7	17,6
30 т/га гною + $N_{60}P_{135}K_{30}$	18,3	16,4	17,5	17,4
45 т/га гною + $N_{90}P_{202}K_{45}$	18,0	16,1	17,2	17,1
$НІР_{05}$	0,3	0,2	0,4	

Сприятливими за погодними умовами для накопичення цукру в коренеплодах були 2020 і 2022 роки, за яких його вміст становив 17,9–18,7% та 17,0–17,8%, тоді як у 2021 році – 16,0–16,8%, залежно від варіанту досліду.

В процесі вирощування буряку цукрового важливо досягти високої технологічної якості коренеплодів. Серед показників, що визначають технологічну якість коренеплодів слід виділити вміст кондуктометричної золи та небілкових сполук азоту [1, 9, 22]. Високий їх вміст у коренеплодах спричиняє втрати цукру в мелясі в процесі його виробництва на заводі [10,17].

Результати дослідження , наведені у табл. 3, показали, що технологічна якість коренеплодів залежала як від системи удобрення, так і доз добрив.

Застосування мінеральних добрив дозою $N_{90}P_{90}K_{90}$ збільшило вміст кондуктометричної золи у коренеплодах до контролю без добрив на 0,042%, вихід меляси – на 0,31%, втрати цукру в мелясі – на 0,16%, за дози $N_{135}P_{135}K_{135}$ – на 0,072%, 0,54% та 0,27%, а за дози $N_{180}P_{180}K_{180}$ – на 0,132%, 0,99% та 0,5%, відповідно. За мінеральної системи удобрення знижувався вихід цукру з коренеплодів, порівняно з контролем, на 0,45–1,29% та коефіцієнт заводу на 2–3 одиниці (табл. 3).

Вміст кондуктометричної золи, вихід меляси і втрати цукру в мелясі зростали також за органічної системи удобрення, проте вони були меншими, порівняно з мінеральною системою. За внесення під буряк цукровий 30 т/га збільшення вмісту кондуктометричної золи у коренеплодах, порівняно з контролем, склало 0,022%, вихід

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Таблиця 3

Технологічна якість коренеплодів буряку цукрового залежно від систем удобрення і доз добрив, 2020–2022 рр.

Варіант досліду	Вміст кондуктометричної золи,%	Вихід мелясі, %	Втрати цукру в мелясі, %	Розрахунковий вихід цукру, %	Коефіцієнт заводу
Без добрив (контроль)	0,341	2,56	1,28	15,58	88
$N_{90}P_{90}K_{90}$	0,383	2,87	1,44	15,13	86
$N_{135}P_{135}K_{135}$	0,413	3,10	1,55	14,77	86
$N_{180}P_{180}K_{180}$	0,473	3,55	1,78	14,29	85
30 т/га гною	0,363	2,73	1,37	15,47	87
45 т/га гною	0,423	3,17	1,44	15,04	86
60 т/га гною	0,446	3,35	1,67	14,79	85
15 т/га гною + $N_{30}P_{67}K_{15}$	0,393	2,95	1,48	15,22	86
30 т/га гною + $N_{60}P_{135}K_{30}$	0,432	3,24	1,63	14,87	85
45 т/га гною + $N_{90}P_{202}K_{45}$	0,465	3,49	1,75	14,45	85

меляси – 0,17%, втрати цукру в мелясі – 0,09%, за дози 45 т/га гною – 0,082%; 0,61%; 0,16%, за дози 60 т/га гною, відповідно, – 0,105; 079%; 0,39%. За органічної системи удобрення зниження виходу цукру з коренеплодів, порівняно з контролем, склало 0,11–0,79%, коефіцієнт заводу – 1–3 одиниці.

Підвищення вмісту кондуктометричної золи у коренеплодах, виходу меляси і втрат цукру в мелясі спостерігали й за органо-мінеральної системи удобрення. Так, поєднання 15 т/га гною з мінеральними добривами дозою $N_{30}P_{67}K_{15}$ збільшило вміст кондуктометричної золи у коренеплодах, порівняно з контролем, на 0,052%, вихід меляси – на 0,39%, втрати цукру в мелясі – на 0,2%, за дози 30 т/га гною + $N_{60}P_{135}K_{30}$ – на 0,091%, 0,68% та 0,35%, а за дози 45 т/га гною + $N_{90}P_{202}K_{45}$ – на 0,124%; 0,93% та 0,47%, відповідно. За органо-мінеральної системи удобрення знижувався вихід цукру з коренеплодів, порівняно з контролем, на 0,36–1,13%, а коефіцієнт заводу становив 85–86 одиниць.

Узагальнюючим показником, який залежить від урожайності буряку цукрового й технологічних якостей коренеплодів, є заводський вихід цукру з одиниці посіву. В роки проведення дослідження можливий вихід цукру на заводі змінювався на неудобрених ділянках від 3,73 до 5,89 т/га (табл. 4).

Застосування мінеральних і органічних добрив під буряк цукровий не лише підвищувало врожайність коренеплодів, але й збільшувало вихід цукру на заводі на 29–53%.

За мінеральної системи удобрення, внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ під буряк цукровий збільшило можливий вихід цукру на заводі до контролю без добрив у 2020 році на 1,26 т/га, в 2021 р. – на 1,42, а в 2022 році – на 1,53 т/га, за абсолютних показників, відповідно – 4,99; 6,34 та 7,42 т/га. Збільшення дози мінеральних добрив до $N_{135}P_{135}K_{135}$ підвищувало можливий заводський вихід цукру в 2020 році на 1,73 т/га, в 2021 р. – на 2,02, а 2022 році – 2,14 т/га, за абсолютних показників – 5,46; 6,94 та 8,03 т/га. За найбільшої дози мінеральних добрив $N_{180}P_{180}K_{180}$ підвищення можливого виходу цукру на заводі склало у 2020 році 1,77 т/га, 2021 р. – 2,55, а в 2022 році – 2,53 т/га, за абсолютних показників – 5,70; 7,47 та 8,42 т/га, відповідно.

Застосування під буряк 30 т/га гною за органічної системи удобрення збільшило умовний вихід цукру на заводі у 2020 році на 1,12 т/га, в 2021 р. – на 1,48, а в 2022 році – на 1,31 т/га, за абсолютних показників 4,85; 6,40 та 7,20 т/га. Внесення 45 т/гною забезпечило збільшення заводського виходу цукру в 2020 році на 1,58 т/га, в 2021 р. – 1,90, а в 2022 році – на 1,76 т/га, за абсолютних показників 5,31; 6,82 та 7,65 т/га. За 60 т/га гною збільшення умовного виходу цукру становило у 2020 році 1,94 т/га, в 2021 р. – 2,27, а в 2022 році – 2,09 т/га, за абсолютних показників, відповідно, 5,67 т/га, 7,19 та 7,98 т/га.

За роки проведення дослідження органо-мінеральна системи удобрення забезпечувала не лише найвищу врожайність коренеплодів, порівняно з мінеральною та органічною системами, але й найвищий умовний вихід цукру на заводі. Застосування під буряк цукровий 15 т/га гною + $N_{30}P_{67}K_{15}$ підвищило заводський вихід цукру в 2020 році на 1,20 т/га, в 2021 р. – на 1,62 т/га, а в 2022 році – на 2,09 т/га, за абсолютних показників, відповідно – 4,93; 6,54 та 7,98 т/га. За внесення 30 т/га гною + $N_{60}P_{135}K_{30}$ збільшення виходу цукру під час переробляння цукрової сировини у 2020 році було на 1,87 т/га, в 2021 р. – 2,30 т/га, а в 2022 році – на 2,65 т/га, за абсолютних показників – 5,60; 7,22 та 8,54 т/га. Збільшення доз мінеральних і органічних добрив у півтори рази (45 т/га гною + $N_{90}P_{202}K_{45}$) сприяло збільшення заводського виходу цукру в 2020 році на 2,16 т/га, в 2021 р. – на 2,75 т/га, а в 2022 році – на 2,80 т/га, за абсолютних показників, відповідно, 5,89; 7,67 та 8,69 т/га.

Висновки.

1. В середньому за три роки проведення дослідження поєднання внесення органічних добрив з мінеральними (45 т/га гною + $N_{90}P_{202}K_{45}$) під буряк цукровий за органо-мінеральної системи удобрення забезпечило найвищу врожайність коренеплодів – 51,8 т/га.

2. Істотне зниження вмісту цукру в коренеплодах на 0,9%,порівняно з абсолютним контролем, спостерігалося за удобрення буряку цукрового дозою $N_{180}P_{180}K_{180}$ за мінеральної системи

Таблиця 4

Умовний вихід цукру на заводі залежно від систем удобрення і доз добрив під буряк цукровий, т/га

Варіант досліду	2020 р.	2021 р.	2022 р.	Середнє за три роки
Без добрив (контроль)	3,73	4,92	5,89	4,85
$N_{90}P_{90}K_{90}$	4,99	6,34	7,42	6,25
$N_{135}P_{135}K_{135}$	5,46	6,94	8,03	6,81
$N_{180}P_{180}K_{180}$	5,70	7,47	8,42	7,20
30 т/га гною	4,85	6,40	7,20	6,15
45 т/га гною	5,31	6,82	7,65	6,59
60 т/га гною	5,67	7,19	7,98	6,95
15 т/га гною + $N_{30}P_{67}K_{15}$	4,93	6,54	7,98	6,48
30 т/га гною + $N_{60}P_{135}K_{30}$	5,60	7,22	8,54	7,12
45 т/га гною + $N_{90}P_{202}K_{45}$	5,89	7,67	8,69	7,42

удобрення. За органічної системи удобрення зниження вмісту цукру в коренеплодах було найменшим, порівняно з мінеральною та органо-мінеральними системи і склало 0,1–0,4%.

3. Технологічна якість коренеплодів залежала як від системи удобрення, так і доз добрив. За внесення під буряк цукровий мінеральних і органічних добрив збільшувався вміст кондуктометричної золи у коренеплодах до контролю без добрив на 0,022–0,132%, вихід меляси – на 0,17–0,99%, втрати цукру в мелясі – на 0,09–0,50% та знижувалися вихід цукру з коренеплодів на 0,11–1,29% і коефіцієнт заводу на 1–4 одиниці, залежно від доз добрив.

4. Органо-мінеральна система удобрення забезпечувала не лише найвищу врожайність коренеплодів, порівняно з мінеральною та органічною системами, але й найвищий умовний вихід цукру на заводі. За внесення під буряк цукровий 45 т/га гною + $N_{90}P_{202}K_{45}$ заводський вихід цукру склав 7,42 т/га.

Фінансування дослідження: це дослідження виконане без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів – відсутній

Авторський внесок: усі автори цього дослідження погодилися з вимогами European Association of Science Editors (EASE) щодо внесків авторів та зазначили особистий внесок кожного: Мартинюк А. Т., Господаренко Г. М., Черно О. Д., Стасінєвич О. Ю. зробили рівноцінний внесок за всіма напрямами (визначення концепції дослідження, підбір методів дослідження, розробка програмного забезпечення, валідація відтворюваності результатів, аналіз даних, проведення експерименту або збирання даних, забезпечення ресурсами та обладнанням, управління даними, підготовка рукопису – первинний текст, підготовка рукопису – перегляд і редагування, графічне представлення результатів, наукове керівництво, адміністрування процесу, залучення фінансування). Усі автори прочитали та схвалили остаточну версію рукопису.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту: під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ-асистовані технології не використовувалися.

References

1. Hospodarenko, H. M., Vyshnevska, L. V., Martyniuk, A. T., Novak, Yu. V., Prokopchuk, I. V., & Tsyhoda, V.S. (2020). *Ahrokhimichnaskladovatekhnolohii vyroshchuvannia buriaku tsukrovoho* [Agrochemical component of sugar beet cultivation technology]. H. M. Hospodarenko (Ed.). Kyiv: TOV «SIK HRUP UKRAINA». 308 p. ISBN : 978-617-7457-95-3. (in Ukrainian).

2. Hanhur, V. V., Filonenko, S. V., Milenko, O. H., Lysak, V. M., & Pavlenko, T. K. (2024). Produktyvni ta yakisni pokaznyky buriakiv tsukrovykh za optymizatsii mikroelementnoho zhyvlennia kultury [Productivity and quality indicators of sugar beets with optimization of micronutrient nutrition of the crop]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Silskohospodarski nauky*, 140, 96–105. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.131. (in Ukrainian).

2. Hospodarenko, H. M. (2020). *Praktykum z ahrokhimii* [Practicum in agrochemistry]. Kyiv: TOV «SIK HRUP UKRAINA». 148 p. ISBN : 978-617-7457-96-0. (in Ukrainian).

3. Hospodarenko, H. M. (2026). *Systema zastosuvannia dobryv* [Fertilizer application system]. Kyiv: TOV «TROPEA». 344 p. ISBN : 978-617-8580-46-9. (in Ukrainian).

4. Demydenko, O. V. (2026). *Gruntoutvorennia chornozemu v ahrotsenozi: teoretychnyi aspekt* [Chernozem formation in agrocenosis: Theoretical aspect]. 2nd ed., expanded and supplemented. Kyiv: Ahrarna nauka. 300 p. https://doi.org/10.31073/978-966-540-669-3. (in Ukrainian).

5. Ministerstvo ekonomiky ta dovkillia Ukrainy. (2026). *Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini u 2026 rotsi* [State Register of Plant Varieties Suitable for Dissemination in Ukraine in 2026]. Kyiv: Ministerstvo ekonomiky ta dovkillia Ukrainy. Available at: https://www.me.gov.ua/Documents/Detail?id=c5e26c83-ac95-43b8-8d53-a5f8f907099f&lang=uk-UA (accessed: 24 September 2026). (in Ukrainian).

6. Ivanina, V. V., & Hurska, V. M. (2024). Vplyv tradytsiinykh ta alternatyvnykh system udobrennia na produktyvnist buriakiv tsukrovykh [Influence of traditional and alternative fertilization systems on sugar beet productivity]. *Novitni ahrotekhnolohii*, 12(1). https://doi.org/10.47414/na.12.1.2024.296414. (in Ukrainian).

7. Ivanina, V. V., & Poplavskyi, V. B. (2025). Vplyv dobryv na vrozhainist buriakiv tsukrovykh ta produktyvnist chotyrypilnykh sivozmin za nedostatnoho zvolozhennia [The effect of fertilisers on sugar beet yield and productivity in four-field crop rotations under insufficient moisture]. *Novitni ahrotekhnolohii*, 13(3). https://doi.org/10.47414/na.13.3.2025.341816. (in Ukrainian).

8. Ionitsoi, Yu. S. (2013). Tekhnolohichni pokaznyky yakosti koreneplodiv riznoho pokhodzhennia za zberihannia v kahatakh [Technological quality indicators of roots of different origin during storage in clamps]. *Tsukrovi buriaky*, 6, 14–16. (in Ukrainian).

9. Kovalchuk, V. P., Boiko, I. I., Kononiuk, N. O., & Funina, I. R. (2014). Produktyvnist i tekhnolohichni yakosti vitchyznianykh hibrydiv tsukrovykh buriakiv – na rivni svitovykh zrazkiv [Productivity and technological qualities of domestic sugar beet hybrids at the level of world standards]. *Tsukrovi buriaky*, 5(101), 5–6. (in Ukrainian).

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

10. Martyniuk, A. T., Hospodarenko, H. M., & Liubych, V. V. (2022). Formuvannia produktyvnosti buriaku tsukrovoho za riznoho udobrennia na chornozemi opidzolenomu [Formation of sugar beet productivity on podzolized chernozem under different fertilization]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 101(1), 46–55. https://doi.org/10.32782/2415-8240-2022-101-1-46-55. (in Ukrainian).

11. Hospodarenko, H. M., Martyniuk, A. T., & Stasinevych, O. Yu. (2023). Dynamika produktyvnosti buriaku tsukrovoho za tryvaloho zastosuvannia dobryv u polovii sivozmini u Pravoberezhnomu Lisostepu [Dynamics of sugar beet productivity under long-term fertilizer application in a field crop rotation in the Right-Bank Forest-Steppe]. *Visnyk Umanskoho NUS*, 1, 18–25. https://doi.org/10.32782/2310-0478-2023-1-18-25. (in Ukrainian).

12. Prysiazhniuk, O. I., Prysiazhniuk, L. M., Melnyk, S. I., & Hryniv, S. M. (2022). *Buriaky tsukrovi – selektsiia, nasinnytstvo ta tekhnolohiia vyroshchuvannia* [Sugar beet: Breeding, seed production and cultivation technology]. Vinnytsia: TOV «TVORY». 310 p. https://doi.org/10.47414/978-617-552-288-2. (in Ukrainian).

13. Prysiazhniuk, O. I., & Shulha, S. S. (2022). Formuvannia produktyvnosti ta tekhnolohichnoi yakosti buriakiv tsukrovykh v umovakh kontynentalnoho klimatu [Productivity formation and processability of sugar beet in the conditions of continental climate]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv*, 30, 79–95. https://doi.org/10.47414/np.30.2022.269736. (in Ukrainian).

14. Roik, M. V., & Kononiuk, N. O. (2021). Formuvannia biometrychnykh pokaznykiv hibrydiv buriakiv tsukrovykh vitchyznianoi selektsii [Formation of biometric indicators of domestically bred sugar beet hybrids]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv*, 29, 176–185. https://doi.org/10.47414/np.29.2021.248979. (in Ukrainian).

15. Tkachenko, M. A., Demydenko, O. V., Dehodiuk, S. E., Kovalenko, N. P., Dumanetskyi, V. V., Rasevych, V. V., Torbaniuk, M. V., Rudas, L. A., Shapoval, I. S., Kravchenko, V. P., Yarmilko, S. A., Tereshchenko, N. M., Rasevych, I. V., Vynohradova, O. M., Shapran, V. S., & Shahurska, N. V. (2025). *Problemni pytannia zemlerobstva APK Cherkaskoi oblasti ta shliakhy yikh vyrishennia* [Problematic issues of agriculture of the agro-industrial complex of Cherkasy region and ways to solve them]. Kyiv: Ahrarna nauka. 664 p. https://doi.org/10.31073/978-966-540-644-0. (in Ukrainian).

16. Vyshnevska, L. V., Hospodarenko, H. M., Poltoretskyi, S. P., Yatsenko, A. O., Liubych, V. V., Rohalskyi, S. V., Sichkar, A. O., Kravchenko, V. S., & Tretiakova, S. O. (2020). *Rodiuchist gruntu i produktyvnist buriaku tsukrovoho* [Soil fertility and sugar beet productivity]. H. M. Hospodarenko & S. P. Poltoretskyi (Eds.). Kyiv: TOV «TROPEA». 176 p. ISBN : 978-617-7894-42-0. (in Ukrainian).

17. Ivanina, V. V., Ivanina, R. V., Prokopiuk, T. P., Korotenko, I. M., Daniuk, M. S., Shapovalenko, R. M., Hurska, V. M., & Tabachuk, O. O. (2026). *Stalevyroshchuvannia kultur u sivozminakh: vid osnov do suchasnosti* [Sustainable crop cultivation in crop rotations: From fundamentals to the present]. V. V. Ivanina (Ed.). Vinnytsia: TOV «NILAN-LTD». 448 p. https://doi.org/10.47414/978-617-558-467-5. (in Ukrainian).

18. Zaryshniak, A. S., Baliuk, S. A., & Lisovyi, M. V. (Eds.). (2014). *Statsionarni polovi doslidy Ukrainy: Reiestr atestativ* [Stationary field experiments of Ukraine: Register of certificates]. Kyiv: Ahrarna nauka. 146 p. ISBN : 978-996-540-389-0. (in Ukrainian).

19. Miroshnychenko, M. M., Nosko, B. S., Hladkikh, Ye. Yu., Khrystenko, A. O., Revtie-Uvarova, A. V., Siabruk, L. P., Panasenko, Ye. V., Krupoderia, Yu. O., Artsykh, R. S., Panasenko, O. V., Melnychuk, A. O., & Smychenko, V. M. (2022). *Upravlinnia zhyvlenniam silskohospodarskykh kultur v umovakh pohodno-klimatychnykh fluktuatsii* [Management of crop nutrition under weather and climatic fluctuations]. M. M. Miroshnychenko & Ye. Yu. Hladkikh (Eds.). Kyiv: Ahrarna nauka. 160 p. https://doi.org/10.31073/978-966-540-545-0. (in Ukrainian).

20. Bastaubayeva, S. O., Tabynbayeva, L. K., Yerzhebayeva, R. S., Konusbekov, K., Abekova, A. M., & Bekbatyrov, M. B. (2022). Climatic and agronomic impacts on sugar beet (Beta vulgaris L.) production. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 54(1), 141–152. https://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.1.13.

21. Varga, I., Lončarić, Z., Kristek, S., Kulundžić, A. M., Rebekić, A., & Antunović, M. (2021). Sugar beet root yield and quality with leaf seasonal dynamics in relation to planting densities and nitrogen fertilization. *Agriculture*, 11(5), Article 407. https://doi.org/10.3390/agriculture11050407.

22. Drobitko, A., Sharata, N., Markova, N., & Kachanova, T. (2023). The influence of different fertilization regimes on the yield and nutrient content of the sugar beet crop. *Scientific Horizons*, 26(11), 134–144. https://doi.org/10.48077/scihor11.2023.134.

23. Aslanov, H. A., Aslanova, D. H., Agazade, G. F., Aliyeva, D. L., Hasanova, S. Z., & Quliyeva, L. N. (2023). The effect of planting scheme and fertilizer rates on the quality of sugar beet. *Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences*, 11(1), 7–14. https://doi.org/10.22194/JGIAS/11.1067.

24. Chen, J., Li, J., Yang, X., Wang, C., Zhao, L., Zhang, P., Zhang, H., Wang, Y., & Li, C. (2023). The effects of biochar-based organic fertilizer and mineral fertilizer on soil quality, beet yield, and sugar yield. *Agronomy*, 13(9), Article 2423. https://doi.org/10.3390/agronomy13092423.

25. Salarian, A., & Salari, A. (2021). Effect of foliar application of micronutrient fertilizers on the technological quality of sugar beet. *Journal of Sugar Beet*, 36(2), 171–183. https://doi.org/10.22092/JSB.2021.352003.1250.

Дата першого надходження статті до видання: 29.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 635.652:631.52
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-102-110



Ж. М. Новак
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології імені І. П. Чучмія,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: zhanna.novak@unu.edu.ua
orcid.org/0009-0005-5046-9370



Я. С. Рябовол
доктор сільськогосподарських наук,
доцент кафедри рослинництва імені О. І. Зінченка,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: yaroslav.riabovol@gmail.com
orcid.org/0009-0006-2499-7388



В. П. Кулик
аспірант,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: vitalikulyk@gmail.com
orcid.org/0009-0004-3306-0197



Ю. В. Новак
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри рослинництва імені О. І. Зінченка,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: yurii.novak@unu.edu.ua
orcid.org/0000-0003-2042-521X

ПОЛІМОРФІЗМ ОЗНАК КОЛЕКЦІЙНИХ ЗРАЗКІВ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ

Квасоля звичайна (Phaseolus vulgaris L.) є поширеною бобовою культурою та основним джерелом рослинного білку у світі завдяки збалансованому амінокислотному складу зерна. Її площі вирощування у світі складають біля 38 млн га, зокрема в Україні – до 50 тис. га, значна частка яких зосереджена у приватних домогосподарствах. Квасоля звичайна вирізняється значним поліморфізмом морфологічних ознак та показників продуктивності, проте для промислового вирощування придатні лише сорти кущового типу розвитку, з висотою прикріплення нижніх бобів понад 10 см, дрібним або середнім зерном, натомість власники дрібних домогосподарств можуть надавати перевагу сортам з альтернативними ознаками. Вченими усього світу аналізуються колекційні зразки квасолі звичайної з метою збереження генофонду місцевих ландрас та нових сортів і виявлення донорів генів корисних ознак. В Уманському національному університеті сформовано колекцію сортозразків квасолі звичайної, що нараховує 13 кущових та п'ять витких форм. Метою дослідження був аналіз колекційного матеріалу квасолі звичайної за морфологічними ознаками (тип розвитку, забарвлення квітки, боба, насіння; довжина боба, довжина, ширина і товщина насінини), показниками продуктивності (кількість бобів з рослини, кількість насінин у бобі, маса 1000 насінин, продуктивність однієї рослини) та встановлення кореляційних зв'язків між цими показниками для добору матеріалу за ведення селекційного процесу. Дослідження проводили впродовж 2025–2026 рр. на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому у чотирикратній повторності. Зафіксовано значний поліморфізм зразків квасолі звичайної кущової і виткої форм за забарвленням насіння і парусу квітки. Встановлено середню варіацію довжини боба, довжини та товщини насінини. Маса 1000 насінин матеріалу колекції становила 152–705 г, тобто апробовані зразки формували дрібне, середнє та велике насіння. Кількість бобів з рослини варіювала в межах 4,0–34,4 шт., кількість насінин у бобі – 1,7–5,6 шт. Виділено найпродуктивніші зразки квасолі звичайної 1/26, 15/26 з урожайністю 45,5–46,5 г/рослини.

Ключові слова: *Phaseolus vulgaris L., насіння, структура врожаю, кореляція, продуктивність.*

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Zh. M. Novak
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Genetics, Plant Breeding and Biotechnology named after I. P. Chuchmiy,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: zhanna.novak@unu.edu.ua
orcid.org/0009-0005-5046-9370
Ya. S. Riabovol
Doctor of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Crop Production named after O. I. Zinchenko,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: yaroslav.riabovol@gmail.com
orcid.org/0009-0006-2499-7388
V. P. Kulyk
PhD student
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: vitalikulyk@gmail.com
orcid.org/0009-0004-3306-0197
Yu. V. Novak
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Crop Production named after O. I. Zinchenko,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: yurii.novak@unu.edu.ua
orcid.org/0000-0003-2042-521X

POLYMORPHISM OF TRAITS OF COMMON BEAN COLLECTION ACCESSIONS

Common bean (Phaseolus vulgaris L.) is a widely cultivated legume crop and an important source of plant protein worldwide due to the balanced amino acid composition of its seeds. The global area under common bean cultivation is approximately 38 million ha, whereas in Ukraine it is about 50,000 ha, with a substantial proportion of production concentrated in smallholder households. Common bean is characterized by considerable polymorphism in morphological traits and productivity parameters; however, only bush-type cultivars with a lower pod height of more than 10 cm and small– to medium-sized seeds are suitable for industrial production, whereas smallholder farmers may prefer alternative trait combinations. The analysis of common bean collections is conducted worldwide both to conserve the genetic diversity of local landraces and newly developed cultivars and to identify donors of valuable traits for breeding programs. At Uman National University, a collection of common bean accessions comprising 13 bush-type and five climbing-type accessions has been established. The aim of this study was to characterize the collection material based on morphological traits (growth habit; flower, pod, and seed coloration; pod length; seed length, width, and thickness) and productivity parameters (number of pods per plant, number of seeds per pod, 1000-seed weight, and individual plant productivity), as well as to determine correlations among these parameters for the selection of material for further breeding research. The study was conducted during 2025–2026 on heavy loam podzolic chernozem soil using a four-replicate experimental design. Considerable polymorphism was recorded among common bean accessions of both bush and climbing growth habits, particularly in seed and standard (banner) flower coloration. Moderate variation was observed for pod length and seed length and thickness. The 1000-seed weight of the collection material ranged from 152 to 705 g, indicating the presence of accessions with small, medium-sized, and large seeds. The number of pods per plant ranged from 4.0 to 34.4, while the number of seeds per pod varied from 1.7 to 5.6. The most productive common bean accessions, 1/26 and 15/26, were identified, with yields of 45.5–46.5 g per plant.
Key words: *Phaseolus vulgaris L., seeds, yield structure, correlation, productivity.*

Постановка проблеми. Квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.) – одна з найпоширеніших бобових культур продовольчого напряму та основне джерело рослинного білку в світі. У їжу використовують зелені боби та зерно [1–2]. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації (ФАО) площі її посіву у світі складають біля 37,8 млн га, а загальне світове виробництво – 28,5 млн т [3]. У деяких країнах Латинської Америки, Азії та Африки вона є основним джерелом рослинного білку, вміст якого варіює у різних сортів у діапазоні 17–33%. Окрім того, зерно квасолі містить 0,4–3,5% ліпідів, 42–57% вуглеводів і 2,3–6,7% клітковини. Вона є відмінним попередником для більшості сільськогосподарських культур [4, 5]. Квасолю звичайну використовують для виробництва сухого зерна та зелених бобів (т. зв. спаржева).

В Україні площі посіву квасолі звичайної складають до 50 тис га, зокрема 4,6 тис. спаржевої, проте значні обсяги площ зосереджено у приватних домогосподарствах [6]. Це зумовлює необхідність створення двох різних моделей сорту. Для промислового виробництва квасолі, зокрема придатності до механізованого вирощування та обмолоту, доцільно використовувати сорти кущового, детермінантного типу розвитку, з висотою прикріплення нижніх бобів понад 10 см. Для зменшення травмування зерна маса 1000 насінинне повинна перевищувати для дрібної фракції 250 г, для середньої – 400 г [7, 8]. Сорти повинні характеризуватися високою стійкістю до вилягання та висипання зерна з бобів і дружністю дозрівання (у межах семи діб) [9]. Проте часто власники присадибних господарств віддають перевагу витким індетермінантним сортам з крупним зерном.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Численні дослідження вчених спрямовано на групування сортозразків квасолі за комплексом господарсько цінних та морфологічних ознак, зокрема, висотою рослин, типом розвитку, розміром зернівки, масою 1000 насінин, кількістю

бобів на одній рослині та зерен у бобі. Тип розвитку рослин квасолі є сортовою особливістю, прояв інших показників – зумовлюється взаємодією «генотип-середовище» [10].

Продуктивність однієї рослини квасолі визначається кількістю бобів і масою зерен у ньому. При цьому жоден показник не може повністю нівелювати зменшення іншого [11, 12]. Більшість вчених стверджують, що рівень продуктивності сорту визначається, насамперед, саме кількістю бобів та насінин на рослині [13, 14]. Залежність продуктивності рослини квасолі та її структурних показників від взаємодії генотипу з факторами навколишнього природного середовища спонукали вчених аналізувати сорти квасолі за різної густоти висіву рослин. Для сортів Білосніжка, Рось і Славія зафіксовано найвищі показники кількості бобів з рослини (відповідно 14,6; 13,3; 12,9 шт.), зерен з боба (4,3–4,4 шт.) та з рослини (64,7; 58,3; 56,2 шт.), масу 1000 зерен (230; 219 і 209 г) і масу зерна з рослини (14,9; 12,7; 11,8 г) за густоти 400 тис./га. Найвищу врожайність отримано за густоти стеблестою 600 тис/га: у сортів Білосніжка Рось і Славія – 3,24; 2,80 і 2,72 т/га відповідно [11].

Врожайність зерна квасолі звичайної залежить від сортових особливостей. У сортів Харківська штамбова, Мавка, Надія, Буковинка, Подолянночка та Перлина, що вирощували на дослідному полі Подільського державного аграрнотехнічного університету, вона становила у середньому за 2010–2013 рр. 1,68–1,77 т/га за вмісту білка 24,2–25,1% [15]. Це підтверджує необхідність проведення селекційних досліджень в окремих регіонах, адже прояв адаптивних властивостей сорту можливий лише за конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

Т. М. Гарбовська [16] з'ясувала, що впродовж 2013–2015 рр., залежно від схеми сівби, у сорту квасолі Шахиня кількість бобів з рослини варіювала в межах 18–21 шт., кількість зерен в одному бобі 5–6 шт., кількість зерен з рослини 90–126 шт., маса 1000 зерен – 273–406 г, урожайність – 1,4–2,6 т/га. Довжина бобів становила 100–108 мм, ширина – 8–9 мм. Встановлено сильну позитивну кореляцію між довжиною боба та кількістю насінин у ньому, кількістю бобів з рослини, кількістю насіння з бобу та з рослини.

Встановлено пряму кореляцію між довжиною боба і урожайністю квасолі. Вчені в Туреччині аналізували колекцію сортозразків квасолі спаржевої за довжиною боба. Сорт Helda мав найдовший біб (22,5 см), неістотно відрізнялись від нього місцеві сортозразки BN-23 і VN-16 (відповідно 21,3 і 20,6 см). Довжина боба інших зразків становила 10,3 – 19,3 см за середнього показника 16,6 см [17].

Дослідники Інституту сільськогосподарських наук Банараського індуїстського університету (Індія) аналізували 50 зразків квасолі звичайної за комплексом ознак, зокрема, визначали довжину боба, кількість насінин з боба, довжину і товщину насінин, масу 25 насінин, коефіцієнт успадкування ознак тощо. Виявлено сильний позитивний кореляційний зв'язок між масою боба і насіння, довжиною і товщиною насінини та масою зерна з рослини. Усі сортозразки було згруповано за довжиною і товщиною насінини у чотири класи, що включали 15, 18, 6 та 11 зразків [18].

Болгарські вчені аналізували колекцію квасолі звичайної, що складалась з 13 селекційних зразків. Встановлено, що висота рослин була в межах 35,3–67,2 см, кількість гілок першого порядку – 2,0–2,9 шт., бобів з рослини – 5,9–18,9 шт., зерен у бобі 3,6–5,7 шт.; маса бобів з рослини – 5,8–21,9 г, маса зерна з рослини – 4,1–15,4 г. Довжина та ширина боба становили, відповідно, 9,1–11,8 і 0,7–1,1 см. Маса 1000 зерен була в межах 200–368 г. Рослини 43% зразків формували дрібне зерно (до 250 г), а 57% – середнє (250–400). Відмічено значну варіацію за кількістю та масою бобів з рослини (V = 25,9 і 24,9% відповідно), середню – за шириною боба і масою 1000 насінин (V = 10,2 і 14,8%), незначну – за кількістю зерен у бобі (V = 9,0%) і довжиною боба (V = 7,2%).

Сильна позитивна кореляція встановлена між кількістю і масою бобів з рослини та кількістю гілок першого порядку і масою зерна з рослин; вагою бобів з рослини та їх кількістю. Середньо корелювала товщина боба з його довжиною; товщина зерна з кількістю і вагою бобів і масою 1000 насінин. Сильна негативна кореляція зафіксована між довжиною бобів і їх кількістю, товщиною зерна і довжиною боба, масою зерна з рослини і довжиною зерна. Урожайність мала сильну позитивну кореляцію з шириною зерна, середню – з кількістю і вагою бобів [19].

Проведено низку досліджень з встановлення генетичного контролю морфологічних ознак боба. Вчені Іспанії аналізували 300 ліній квасолі звичайної за морфологічними показниками боба. Результати показали широку варіацію ознак. Довжина боба ліній становила 7,1–26,4 см, кількість насінин у бобі – 2,2–8,3 шт. Ці дві ознаки позитивно корелювали з врожайністю. Колір бобів значно варіював: у 241 лінії він був зеленим, у 38 – жовтим, у трьох ліній – пурпуровим. Строкатий зелений та строкатий жовтий колір боба фіксували відповідно у 16 та двох зразків. Відмічено сильний позитивний зв'язок між довжиною і шириною та довжиною і товщиною боба. Проте між товщиною і шириною боба встановлено негативний кореляційний зв'язок [20].

В Уманському національному університеті створено колекцію сортозразків квасолі звичайної з метою добору донорів корисних ознак для подальшої селекційної роботи. Детальний аналіз цінних господарських та морфологічних ознак колекції зразків квасолі дає можливість виокремити матеріал для селекційного процесу зі створення цінного вихідного матеріалу.

Метою дослідження був аналіз колекційних зразків квасолі звичайної *Phaseolus vulgaris* L. за морфологічними ознаками та показниками продуктивності і встановлення кореляційних зв'язків між цими параметрами для добору матеріалу за ведення селекційних досліджень.

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Матеріали та методи. В Уманському національному університеті на дослідних ділянках кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології ім. І. П. Чучмія впродовж 2025–2026 рр. на чорноземі опідзоленому важко суглинковому, в чотириразовій повторності проаналізовано за основними показниками 18 зразків квасолі звичайної *Phaseolus vulgaris L*. Зразки квасолі 13/26, 15/26, 17/26 і 19/26 отримано з Національного Центру генетичних ресурсів рослин України, решта матеріалу є місцевими популяціями.

Польові дослідження, фенологічні спостереження та морфологічний опис рослин виконували відповідно до Методики проведення експертизи сортів квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris L.*) на відмінність, однорідність і стабільність (ВОС) [21], міжнародних рекомендацій UPOV [22] та дескрипторів Bioversity International (IBPGR) [23].

Тип куща визначали за характером розвитку головного пагона відповідно класифікації UPOV. Забарвлення бобів фіксували у фазу технічної стиглості, колір насіння – після досягнення повної біологічної стиглості згідно з методиками UPOV та IBPGR.

Цінні господарські ознаки визначали після збирання врожаю у двох несуміжних повторностях. Кількість бобів з рослини обраховували за частки кількості сформованих бобів до кількості рослин. Кількість насінин у бобі визначали в середньому за всіма сформованими бобами облікових рослин. Масу 1000 насінин визначали відповідно до International Rules for Seed Testing [24] за зважування трьох проб по 500 насінин з наступним об'єднанням результатів двох проб, різниця між якими була меншою 3%.

Статистичний аналіз результатів досліджень проводили за допомогою програми Exel.

Результати. У результаті проведених досліджень, усі сортозразки квасолі звичайної Phaseolus vulgaris L. за типом росту ранжовано на дві групи – 13 кущових і п'ять витких (табл. 1).

Біле забарвленням парусу квітки спостерігали у 10 кущових і трьох витких сортозразків, фіолетове – у двох кущових і одного виткого зразка. Червоне забарвлення парусу було характерне для зразка 7/26, рожеве – 26/26.

Усі зразки Phaseolus vulgaris L. колекції мають жовте забарвлення боба. Рожеве вторинне забарвлення боба спостерігалось у сортозразків 1/26 (кущовий тип росту) та 24/26 (виткий тип росту).

Забарвлення насіння вирізнялось значним поліморфізмом. Біле забарвлення насіння притаманне кущовим зразкам 6/26, 12/26, 17/26, 21/26 і витким – 26/26, 29/26 та 31/26. Кущові зразки 2/26, 4/26, 10/26, 13/26 та 15/26 мають червоне забарвлення, а 8/26 – чорне. Три кущових та три витких зразки мають вторинне забарвлення насіння. Основне бежеве з вторинним фіолетовим забарвленням, що розподілено по всій насінині, характерне для зразків 1/26 (кущовий тип) і 24/26 (виткий тип). Основне чорне з вторинним жовтим по всій насінині – зразок 7/26 (кущовий тип). Зразок 19/26 має первинне біле та вторинне червоне

Таблиця 1

Поліморфізм колекційних зразків квасолі звичайної Phaseolus vulgaris L. за забарвленням парусу квітки, боба та насіння, 2025–2026 рр.

Зразок	Забарвлення					
	парусу квітки	боба		насіння		
		основне	вторинне	основне	вторинне	розподіл вторинного забарвлення
Тип росту – кущовий						
1/26	фіолетове	жовте	рожеве	бежеве	фіолетове	по всій насінині
2/26	біле	зелене	–	червоне	–	
4/26	біле	жовте	–	червоне	–	
6/26	біле	жовте	–	біле	–	
7/26	червоне	жовте	–	чорне	жовте	по всій насінині
8/26	фіолетове	жовте	–	чорне	–	
10/26	біле	жовте	–	червоне	–	
12/26	біле	жовте	–	біле	–	
13/26	біле	жовте	–	червоне	–	
15/26	біле	жовте	–	червоне	–	
17/26	біле	жовте	–	біле	–	
19/26	біле	жовте	–	біле	червоне	на половину насінини
21/26	біле	жовте	–	біле	–	
Тип росту – виткий						
24/26	фіолетове	жовте	рожеве	бежеве	фіолетове	по всій насінині
26/26	рожеве	жовте	–	біле	червоне	по всій насінині
28/26	біле	жовте	–	червоне	біле	по всій насінині
29/26	біле	жовте	–	біле	–	
31/26	біле	жовте	–	біле	–	

забарвлення на половину насінини. У виткого сортозразка 26/26 основне забарвлення біле, вторинне – червоне, по всій насінині, у номера 28/26 – відповідно, червоне і біле.

Визначено лінійні розміри боба та насіння і їх співвідношення у колекційних зразків квасолі звичайної (табл. 2).

Довжина боба зразків колекції варіювала від 8,0 до 13,6 см. Біб квасолі звичайної вважається коротким, якщо його довжина не перевищує 8,79 см, середнім – від 8,80 до 11,55 см та довгим – понад 11,55 см [25]. Згідно цієї класифікації кущові зразки 6/26, 7/26, 8/26 і 13/26 мають короткі боби, 1/26, 2/26, 4/26, 10/26,12/26 – середні. Серед витких зразків по одному з кротими і середніми бобами, три біотипи мають довгі боби. Довжина бобів за генотипами варіювала середньо з коефіцієнтом варіації у кущових зразків *V* = 11,6 та витких *V* =19,0.

Довжина насінини (*l*) кущових зразків становила 9,5–16,0 мм. Найкоротшим (9,5–10,5 мм) було насіння зразків 8/26, 12/26, 13/26 і 21/26; середнім, від 13,8 до 14,6 мм – біотипів 4/26, 7/26, 25/26 і 19/26. Зразки 1/26, 2/26, 6/26 і 17/26 мали найдовше насіння, 15,0–16,5 мм. Витки зразки переважно мали видовжені насінини довжиною 14,0–16,0 мм, лише у біотипу 31/26 цей показник склав 11,5 мм. За довжиною насінини сильніше варіювання відмічене у кущових біотипів (*V* = 18,8) порівняно з виткими (*V* = 11,1).

Ширина насінини кущових зразків варіювала від 5,5 до 10,0 мм. Від 5,5 до 6,9 мм вона була у зразків 8,26, 12/26, 13/26 і 15/26, від 7,0 до 8,4 – у селекційних номерів 1/26, 2/26, 4/26, 10/26, 17/26 і 21/26. Три зразка, 6/26, 7/26 і 19,26, характеризувались найбільшою шириною насінини (9,1–10,0 мм). Витки зразки були менш поліморфними за шириною насінини, зокрема, біотип 31/26 вирізнявся шириною 6,6 мм, інші зразки – 7,4–8,3 мм. У кущових та витких форм ознака варіювала середньо – *V* = 19,7% і незначно – *V* =7,7% відповідно.

Середня товщина насінини (*a*) кущових зразків становила 6,2 мм. Більшість зразків характеризувались параметрами у діапазоні 4,4–6,5 мм, а насінини біотипів 6/26, 7/26 і 19/26 – 7,0–8,1 мм. Коефіцієнт варіації товщини насінини за генотипами становив 16,9%, що свідчить про середню варіацію показника за генотипами. У двох кущових зразків квасолі звичайної (13/26 і 15/26) товщина та ширина насінини були однакові, у решти товщина – найменший параметр розміру насіння.

Товщина насінини витких зразків квасолі варіювала в межах 4,2–7,8 мм, що свідчить про середню, близьку до значної, варіацію ознаки (*V* = 19,8%). У селекційних номерів 26/26, 29/26 і 31/26 зафіксовано товщину насінини у діапазоні 4,2–5,6 мм, у зразків 24/26 і 28/26 – 6,2–7,8 мм.

Форма насінини квасолі визначається співвідношенням довжини до товщини (*l/a*) та ширини

Таблиця 2

Лінійні розміри бобів та насіння колекційних зразків квасолі звичайної Phaseolus vulgaris L., 2025–2026 рр.

Зразок	Боби	Насінина			Співвідношення	
	довжина, см	довжина, (*l*) мм	ширина, (*b*) мм	товщина (*a*), мм	l/a	b/a
Тип росту: кущовий						
1/26	10,2±0,8	15,0±1,0	8,0±0,6	6,3±0,2	2,4	1,3
2/26	10,8±0,6	16,5±1,5	8,0±0,4	5,4±0,4	3,1	1,5
4/26	10,9±0,6	14,5±1,2	7,2±0,3	5,6±0,4	2,6	1,3
6/26	8,0±0,5	16,0±1,3	10,0±0,6	7,0±0,4	2,3	1,4
7/26	8,1±0,5	14,0±0,8	9,8±0,5	7,2±0,4	1,9	1,4
8/26	8,5±0,5	10,0±0,7	6,9±0,5	4,6±0,2	2,2	1,5
10/26	11,2±0,6	15,7±1,1	7,0±0,4	5,8±0,2	2,7	1,2
12/26	10±0,8	10,5±0,9	5,5±0,7	4,4±0,2	2,4	1,3
13/26	8,6±0,2	9,5±0,8	6,0±0,7	6,1±0,1	1,6	1,0
15/26	10,9±0,8	14,6±1,7	5,5±0,4	5,5±0,1	2,7	1,0
17/26	9,7±0,8	15,0±0,8	7,0±0,3	5,8±0,1	2,6	1,2
19/26	9,3±0,2	13,8±1,2	9,1±0,5	8,1±0,2	1,7	1,1
21/26	9,4±0,8	10,0±0,7	7,1±0,4	6,2±0,2	1,6	1,1
Середнє	9,4±0,6	10±1,1	7,1±0,5	6,2±0,2	1,6	1,1
V, %	11,6	18,8	19,7	16,9	20,3	13,2
Тип росту: виткий						
24/26	13,6±1,2	15,0±1,1	7,5±0,5	6,2±0,2	2,4	1,2
26/26	8,7±0,3	16,0±1,3	7,4±0,4	5,6±0,2	2,9	1,3
28/26	9,7±0,4	15,5±1,0	8,3±0,6	7,8±0,2	2,0	1,1
29/26	11,8±1,0	14,0±1,6	8,0±0,7	5,6±0,2	2,5	1,4
31/26	14,5±1,2	11,5±1,2	6,6±0,6	4,2±0,4	2,7	1,6
Середнє	11,7±0,8	14,4±1,2	7,6±0,6	5,9±0,2	2,5	1,3
V, %	19,0	11,1	7,7	19,8	12,0	13,2

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

до товщини (*b/a*). Колекційні зразки квасолі з видовженішим насінням мають вище співвідношення *l/a*, ніж біотипи з округлішим зерном. Найвище співвідношення довжини/товщини зафіксовано у кущового 2/26 (*l/a*=3,1) та виткого 26/26 (*l/a*=2,9) зразків. У більшості зразків довжина насінини перевищувала товщину у 2,0–2,7 рази. У селекційних номерів 7/26, 13/26, 19/26 і 21/26 співвідношення *l/a* становило 1,6–1,9, тобто зерно було округлішим. Виткі сортозразки мають видовжене зерно, а кущові видовжене і округле. Значне варіювання співвідношення довжини/товщини відмічено у кущових біотипів, натомість у витких – середнє.

Відношення ширини до товщини (*b/a*) насінини варіювало слабше (*V* =13,2) та зафіксовано в межах 1,0–1,5 у кущових і 1,1–1,6 – у витких зразків.

Важливим показником структури врожаю квасолі, що визначає придатність до механізованого вирощування, є маса 1000 насінин (рис. 1).

Зерно квасолі звичайної вважається дрібним, якщо маса 1000 насінин менша 250 г, середнім – 250–400 г і крупним – понад 400 г [26]. Два кущових зразка, 8/26, 12/26 і виткий 31/26вирізняються дрібним зерном, кущові 2/26, 10/26, 13/26, 21/26 і виткий 29/26 зразки – середнім, решта, сім кущових і три витких – крупним зерном.

Продуктивність рослини квасолі звичайної *Phaseolus vulgaris* L. (рис. 2) визначається поєднанням кількості бобів на рослині, зерен у бобі та їх масою.

Кількість бобів на рослинах апробованих матеріалів складала 4,0–34,4 шт. Менше 10 бобів на одну рослину формували кущові 6/26 і 7/27 і виткий 28/26 сортозразки; від 10,1 до 15,0 бобів – кущові 8/26, 19/26, 21/26 та виткі 24/26, 26/26 і 31/26; від 15,1 до 20,0 – кущовий 10/26 і виткий 29/26. Кущові форми 1/26, 2/26, 4/26 і 17/26 сформували від 20,1 до 25,0 бобів на рослину, а зразки 12/26, 13/26 і 15/26 – відповідно 26,7; 34,4; 27,5.

У кущових зразків один біб містив від 1,7 до 5,6 насінин. Найменшу кількість насінин у бобі формували зразки 6/26 і 7/26 – 1,7–2,5 шт. Зразки 2/26, 10/26 і 17/26 зав'язували 3,4–3,8 насінин на біб, номери 1/26, 4/26, 13/26, 15/26, 19/26 і 21/26 – 4,0–4,6 шт. Найбільшу кількість насінин у бобі зафіксували у колекційних зразків 8/26 і 12/26 – 5,2–5,6 шт. Виткі біотипи 26/26, 28/26 і 29/26 формували 3,0–3,4 шт. насінини на біб, зразки 24/26 і 31/26 – 4,0 та 5,6 шт./біб, відповідно.

Продуктивність рослин варіювала у кущових біотипів від 3,8 до 46,5 г. Біотипи 6/26, 8/26, 21/26 характеризувались показниками у межах 12,8–17,6 г, зразки 2/26, 10/26, 12/26 і 19/26 – 20,9–28,2 г. Продуктивнішими були сортозразки 4/26, 13/26, 17/26 з масою зерна з рослини в діапазоні 37,7–39,7 г, а найбільшу масу зерна з рослини формували зразки 1/26 і 15/26 – 45,5 та 46,5 г відповідно, найменші показники зафіксовано у зразка 7/26.

За результатами кореляційної залежності між окремими показниками структури врожаю квасолі звичайної (рис. 3), встановлено, що найбільше впливала на продуктивність кількість бобів з рослини (*r* = 0,78).

Слабкий позитивний кореляційний зв'язок відмічено між кількістю насінин у бобі та продуктивністю рослин, середній – між кількістю бобів з рослини та кількістю насінин у бобі. Середня негативна кореляція зафіксована між кількістю бобів з рослини та масою 1000 насінин (*r* = -0,47) і кількістю насінин у бобі та масою 1000 насінин (*r* = -0,65). Не спостерігалось зв'язку

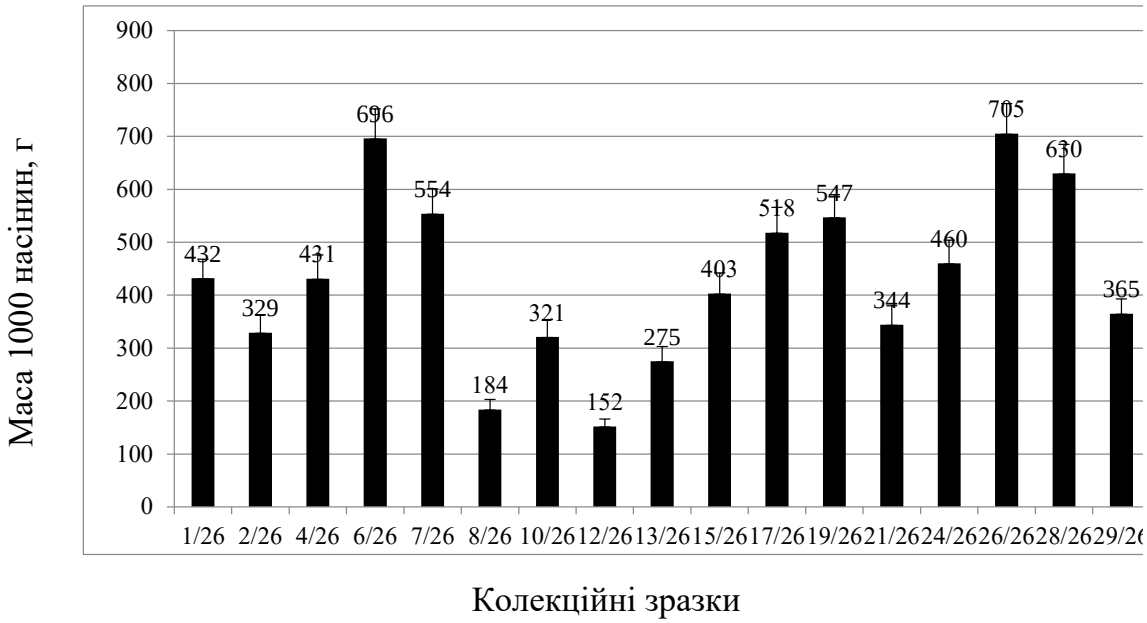


Рис. 1. Маса 1000 насінин колекційних зразків квасолі звичайної *Phaseolus vulgaris* L., 2025–2026 рр.

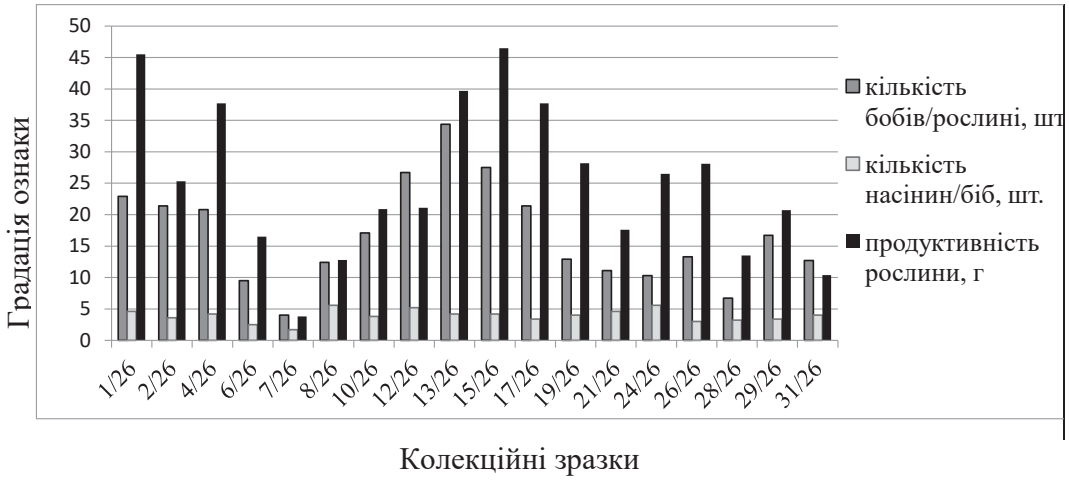
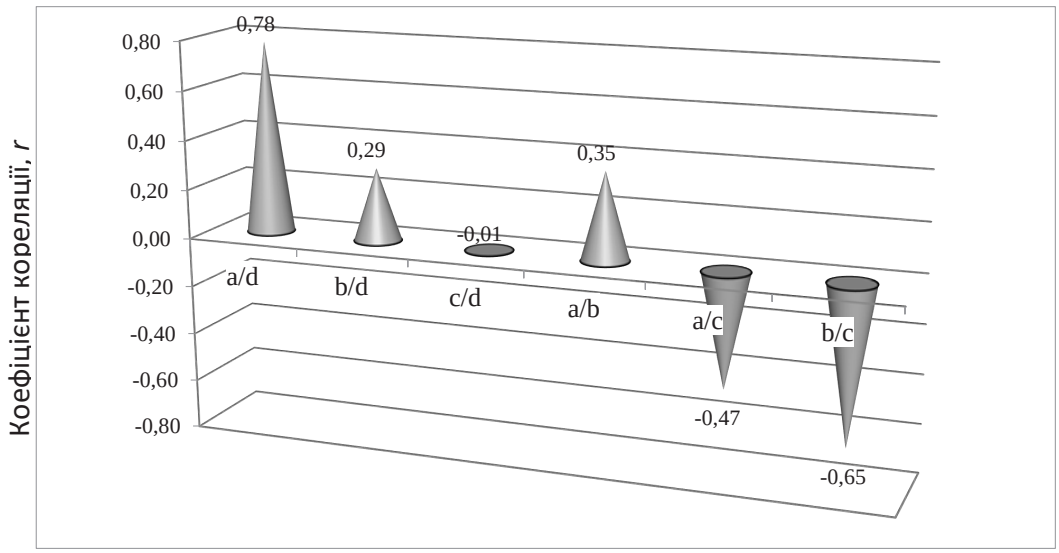


Рис. 2. Структура окремих складових врожаю колекційних зразків квасолі звичайної Phaseolus vulgaris L., 2025–2026 рр.

Примітка: НІР 0,05 = 0,8 кількість бобів/ рослину; НІР 0,05 = 0,2 кількість насінин/біб, НІР 0,05 = 1,4 продуктивність рослини



a – кількість бобів; b – кількість насінин у бобі; c – маса 1000 насінин,
d – продуктивність однієї рослини

Рис. 3. Кореляційна залежність між показниками структури врожаю колекційних зразків квасолі звичайної Phaseolus vulgaris, 2025–2026 рр.

між масою 1000 насінин та продуктивністю рослин колекційних зразків квасолі звичайної.

Висновки. Створено та проаналізовано колекцію зразків квасолі звичайної, що нараховує 13 кущових та п'ять витких форм. Зафіксовано, що вона вирізняється значним поліморфізмом за низкою морфобіологічних ознак, зокрема, забарвленням насіння та його однорідністю за кольором, формою та розміром насіння, довжиною бобів.

Проведено ранжування матеріалу колекції за складовими структури врожаю рослин.

Найбільшою масою 1000 насінин вирізнялись зразки 6/26, 26/26 і 28/26, а кількістю бобів на рослині – 12/26, 13/26 і 15/26.

Встановлено, що продуктивність рослин колекційних зразків квасолі звичайної найбільше залежала від кількості бобів на рослині.

Виділено високопродуктивні кущові зразки квасолі звичайної 4/26, 13/26, 17/26 (35–40 г/рослини) та найпродуктивніші 1/26 і 15/26 (45,5–46,5 г/рослини), що доцільно використовувати у селекційних дослідженнях.

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Фінансування дослідження: це дослідження виконане без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів – відсутній

Авторський внесок: усі автори цього дослідження погодилися з вимогами European Association of Science Editors (EASE) щодо внесків авторів та зазначили особистий внесок кожного: Новак Ж. М., Рябовол Я. С., Кулик В. П., Новак Ю. В. зробили рівноцінний внесок за всіма напрямами (визначення концепції дослідження, підбір методів дослідження, розробка програмного забезпечення, валідація відтворюваності результатів, аналіз даних, проведення експерименту або збирання даних, забезпечення ресурсами та обладнанням, управління даними, підготовка рукопису – первинний текст, підготовка рукопису – перегляд і редагування, графічне представлення результатів, наукове керівництво, адміністрування процесу, залучення фінансування). Усі автори прочитали та схвалили остаточну версію рукопису.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту: під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ-асистовані технології не використовувалися.

References

1. Nadeem, M. A., Karaköy, T., Yeken, M. Z., Habyarimana, E., Hatipoğlu, R., Çiftçi, V., Nawaz, M. A., Sönmez, F., Shahid, M. Q., Yang, S. H., & others. (2020). Phenotypic characterization of 183 Turkish common bean accessions for agronomic, trading, and consumer-preferred plant characteristics for breeding purposes. Agronomy, 10(2), 272. Available: https://doi.org/10.3390/agronomy10020272

2. Nasar, S., Shaheen, H., Murtaza, G., Tinghong, T., Arfan, M., & Idrees, M. (2023). Socioeconomic evaluation of common bean (Phaseolus vulgaris L.) cultivation in providing sustainable livelihood to the mountain populations of Kashmir Himalayas. Plants, 12(1), 213. Available: https://doi.org/10.3390/plants12010213

3. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). Crops and livestock products. FAOSTAT. Retrieved May 2, 2026. Available: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL

4. Nkhata, W., Shimelis, H., Melis, R., Chirwa, R., Mzengeza, T., Mathew, I., & Shayanowako, A. (2020). Population structure and genetic diversity analyses of common bean germplasm collections of East and Southern Africa using morphological traits and high-density SNP markers. PLoS ONE, 15(12), e0243238. Available: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243238

5. Hliavyn, A. V. (2011). Kharakterystyka hibrydiv kvasoli F1. [Characterization of F1 common bean hybrids]. Kormy i kormovyrobnytstvo, 68, 12–17 [in Ukrainian].

6. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. (2026). Ploshchi, valovi zbory ta urozhainist silskohospodarskykh kultur. *[Areas, gross harvests and yields of agricultural crops]*. Available: https://stat.gov.ua/uk/releases/ploshchi-valovi-zbory-ta-urozhaynist-silskohospodarskykh-kultur [in Ukrainian].

7. Olifirovych, S.I., Olifirovych, V.O. (2020). Urozhainist vitchyznianykh sortiv kvasoli zvychainoi (zernovoi) v umovakh pivdennoi chastyny Lisostepu zakhidnoho. [Yield of domestic common bean (grain) varieties under the conditions of the southern part of the Western Forest-Steppe]. Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo. 68(1), 162–175. Available: https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(68)-1-12 [in Ukrainian].

8. Dupliak, O. T., Hanina, O. O. (2009). Osoblyvosti proiavu hospodarsko tsinnykh oznak kvasoli zvychainoi v umovakh Pivnichnoho Lisostepu Ukrainy [Features of expression of economically valuable traits of common bean under the conditions of the Northern Forest-Steppe of Ukraine]. Selektsiia i nasinnytstvo, 97, 113–118 [in Ukrainian].

9. Mazur, O. V., Kolisnyk, O. M., Telekalo, N. V. (2017). Henotypni vidminnosti sortozrazkiv kvasoli zvychainoi za tekhnolohichnistiu [Genotypic differences of common bean varieties and samples in technological properties]. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo. 7(2), 33–39.

10. Espinoza-Galaviz, J. Y., Romero-Félix, C. S., Sánchez-Soto, B. H., et al. (2023). Biostimulants on yield and its components in common bean (Phaseolus vulgaris L.). Agro Productividad, 16(5), 121–127. Available: https://doi.org/10.32854/agrop.v15i4.2462

11. Furman, P. V. (2024). Indyvidualna produktyvnist ta urozhainist kvasoli zvychainoi zalezhno vid tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia [Individual productivity and yield of common bean depending on cultivation techniques]. Kormy i kormovyrobnytstvo, 98, 110–119. Available: https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202498-10

12. Seif, Y. I., El-Miniawy, E.-D. M., Abu El-Azm, N. A. I., Hegazi, A. Z. (2016). Response of snap bean growth and seed yield to seed size, plant density and foliar application with algae extract. Annals of Agricultural Sciences, 61(2), 187–199. Available: https://doi.org/10.1016/j.aoas.2016.09.001

13. Voronetska, I.S., Movchan, K.I. (2014). Osoblyvosti formuvannia heneratyvnykh orhaniv kvasoli zvychainoi zalezhno vid sposobu sivby ta hustoty roslyn v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Features of formation of generative organs of common bean depending on sowing method and plant density under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Visnyk ahrarnoi nauky, 4, 14–18 [in Ukrainian].

14. Mazur, O. V., Mazur, O. V., Tymoshchuk, T. M. (2020). Porivnialna otsinka sortozrazkiv kvasoli zvychainoi za adaptyvnistiu [Comparative evaluation of common bean varieties and samples for adaptability]. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo, 19, 221–228 [in Ukrainian].

15. Ovcharuk, O.V. (2014). Ahroekolohichna kharakterystyka sortiv kvasoli zvychainoi ta yikh produktyvnist v umovakh Zakhidnoho Lisostepu. [Agroecological characteristics of common bean varieties and their productivity under the conditions of the Western Forest-Steppe]. Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva, Vol. 85 (1), 92–97 [in Ukrainian].

16. Harbovska, T. M. (2019). Hospodarsko-tsinni oznaky kvasoli ovochevoi zalezhno vid skhemy rozmishchennia roslyn [Economically valuable traits of vegetable bean depending on plant arrangement]. Novitni

ahrotekhnolohii, 7. Available: http://jna.bio.gov.ua/article/view/204795 [in Ukrainian].

17. Yayla, T., Kumar, R., Lone, A. A., et al. (2026). Performance of local bean (Phaseolus vulgaris L.) genotypes for breeding potential under unheated greenhouses using phenological and morphological characterization. Discover Life, 56, 1. Available: https://doi.org/10.1007/s11084-026-09719-7

18. Chhetri, A. B., Lal, J. P., Nair, R. M., et al. (2025). Genetic diversity for pod and seed traits in common bean (Phaseolus vulgaris L.). Discover Plants, 2, 228. Available: https://doi.org/10.1007/s44372-025-00316-y

19. Stoilova, T., Petrova, S., Simova-Stoilova, L. (2025). Assessment of morphological diversity, yield components, and seed biochemical composition in common bean (Phaseolus vulgaris L.) landraces. Agriculture, 15(17), 1856. Available: https://doi.org/10.3390/agriculture15171856

20. García-Fernández, C., Campa, A., Garzón, A. S., et al. (2021). GWAS of pod morphological and color characters in common bean. BMC Plant Biology, 21, 184. Available: https://doi.org/10.1186/s12870-021-02967-x

21. Kostenko, N. P., Hryniv, S. M., Bezruchko, O. I., Pavliuk, N. V. (2016). Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernobobovykh ta krupianykh na vidminnist, odnoridnist i stabilnist [Methodology for the Examination of Plant Varieties of Grain Legume and Cereal Crops for Distinctness, Uniformity and Stability]. (2nd ed., rev. and suppl.; S. O. Tkachyk, Ed.). Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. 216 p. ISBN 978-966-924-593-9. Available: https://press.sops.gov.ua/catalog/book/1038 [in Ukrainian].

22. International Union for the Protection of New Varieties of Plants. (2012). TG/12/9 Rev. French bean (Phaseolus vulgaris L.): Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability (DUS). Geneva: UPOV. 31 p. Available: https://www.upov.int/documents/d/upov/tg-documents-en-tg012_09_rev.pdf?utm_source

23. International Board for Plant Genetic Resources. (1982). *Descriptors for Phaseolus vulgaris*. Rome: IBPGR. 32 p. Available: https://alliancebioversityciat.org/publications-data/phaseolus-vulgaris-descriptors?utm_source

24. International Seed Testing Association. (2025). International rules for seed testing. Wallisellen, Switzerland: ISTA. Available: https://www.seedtest.org/api/rm/E8KXEQCE75852PQ/ista-rules-2025-00-introduction-web.pdf?utm_source

25. Silva, H. T. da, & Antunes, I. F. (2003). Pod class definition based on length and width in common beans (Phaseolus vulgaris L.). Annual Report of the Bean Improvement Cooperative, 46, 131–132. Available: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/211218

26. Lenora, S. E., Romelle, F. D., Flore, D. T. N. E., et al. (2025). Physical and nutritional properties of sixteen varieties of bean seeds (Phaseolus vulgaris L.) grown in Cameroon. Discover Food, 5, 192. Available: https://doi.org/10.1007/s44187-025-00459-7

Дата першого надходження статті до видання: 21.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 633.11«324»:631.559:631.524.84(477.4)
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-111-120



В. В. Остапчук
доктор філософії,
викладач кафедри загального землеробства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: vasyl0304@icloud.com
orcid.org/0009-0003-0522-533X



С. В. Рогальський
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри рослинництва імені О. І. Зінченка,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: serhii.rohalskyi@unu.edu.ua
orcid.org/0009-0007-5739-8717



Л. М. Кононенко
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри рослинництва імені О. І. Зінченка,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: lidiyakononenko@ukr.net
orcid.org/0000-0001-7037-2692



О. В. Усатюк
доктор філософії,
викладач кафедри агрохімії та ґрунтознавства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: ukragroselo@gmail.com
orcid.org/0009-0005-6140-7036



С. В. Усик
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри загального землеробства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: sewooborot@gmail.com
orcid.org/0000-0002-6027-8691



А. С. Лозінська
кандидат сільськогосподарських наук,
старший викладач кафедри загального землеробства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: anna.lozinska@unu.edu.ua
orcid.org/0000-0002-3421-3042



В. В. Борисенко
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри загального землеробства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: Pathetic@i.ua
orcid.org/0000-0001-8947-1180

ОЦІНКА ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ АЗОТНОГО СТАНУ РОСЛИН І ПРОГНОЗОВАНОЇ ТА ФАКТИЧНОЇ ВРОЖАЙНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ СОРТУ АРТІСТ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

У статті наведено результати порівняльної оцінки потенційної та фактичної врожайності пшениці озимої (Triticum aestivum L.) сорту Артіст в умовах Лісостепу України залежно від рівня мінерального живлення та фізіологічного азотного стану рослин, визначеного за допомогою портативного приладу Yara N-Tester™. Дослідження проведено у 2024–2026 рр. у польових умовах за попередника соняшник. Метою роботи було встановлення закономірностей формування продуктивності пшениці озимої, оцінювання її потенційної та фактичної врожайності, а також визначення взаємозв'язку між азотним статусом рослин, рівнем мінерального живлення та реалізацією врожайного потенціалу сорту. У ході досліджень встановлено, що застосування мінеральних добрив сприяло активізації ростових процесів та покращенню фізіологічного стану рослин. У фазі ВВСН 47 висота рослин на контрольному варіанті становила 65 см, тоді як за застосування добрив досягала 80 см. Показники Yara N-Tester™ закономірно зростали зі збільшенням рівня удобрення та залежали від виду добрива. Найвище значення 792 одиниці отримано за внесення діамофоски в нормі 100 кг/га, що на 49,2% перевищувало контрольний рівень. Відповідно до показників N-Tester™ прогнозована врожайність за цього варіанта становила 8,0 т/га, тоді як на контролі 5,3 т/га. Фактична врожайність зерна характеризувалася більшою варіабельністю. На контрольному варіанті вона становила 4,5–5,0 т/га, за внесення карбаміду до 6,0 т/га, суперфосфату до 9,1 т/га, діамофоски до 9,1 т/га. Кореляційно-регресійним аналізом встановлено прямий статистично значущий зв'язок між показником Yara N-Tester™ та фактичною врожайністю: $r = 0,7775$, $p = 0,0029$, $R^2 = 0,6045$. Отримані результати підтверджують інформативність Yara N-Tester™ для оперативної діагностики азотного стану рослин та оцінювання продуктивного потенціалу посіву. Водночас реалізація фактичної врожайності залежала не лише від азотного забезпечення, а й від комплексу погодних, ґрунтових та технологічних чинників. Практичне значення результатів полягає у можливості використання інструментальної діагностики азотного статусу для оптимізації мінерального живлення та підвищення ефективності технології вирощування пшениці озимої.
Ключові слова: *пшениця озима, прогнозована врожайність, фактична врожайність, висота рослин,Yara N-Tester.*

V. V. Ostapchuk
PhD in Agricultural Sciences,
Lecturer at the Department of General Agriculture,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: vasyl0304@icloud.com
orcid.org/0009-0003-0522-533X
S. V. Rohalskyi
PhD in Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Crop Production,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: serhii.rohalskyi@unu.edu.ua
orcid.org/0009-0007-5739-8717
L. M. Kononenko
PhD in Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Crop Production,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: lidiyakononenko@ukr.net
orcid.org/0000-0001-7037-2692
O. V. Usatiuk
Doctor of Philosophy,
Lecturer at the Department of Agrochemistry and Soil Science,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: ukragroselo@gmail.com
orcid.org/0009-0005-6140-7036
S. V. Usyk
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of General Agriculture,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: sewooborot@gmail.com
orcid.org/0000-0002-6027-8691
A. S. Lozinska
Candidate of Agricultural Sciences,
Senior Lecturer at the Department of General Agriculture,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: anna.lozinska@unu.edu.ua
orcid.org/0000-0002-3421-3042
V. V. Borysenko
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of General Agriculture,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: Pathetic@i.ua
orcid.org/0000-0001-7037-2692

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

ASSESSMENT OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE NITROGEN STATUS OF PLANTS AND THE PREDICTED AND ACTUAL YIELD OF WINTER WHEAT OF THE ARTIST VARIETY UNDER THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF UKRAINE

The article presents the results of a comparative assessment of the potential and actual yield of winter wheat (Triticum aestivum L.), cv. Artist, under the conditions of the Forest-Steppe zone of Ukraine depending on the level of mineral nutrition and the physiological nitrogen status of plants determined using the portable Yara N-Tester™ device. The study was conducted under field conditions in 2024–2026 following sunflower as the preceding crop. The aim of the research was to establish the patterns of productivity formation in winter wheat, assess its potential and actual yield, and determine the relationship between the nitrogen status of plants, the level of mineral nutrition, and the realization of the yield potential of the cultivar. The study established that the application of mineral fertilizers enhanced plant growth processes and improved their physiological condition. At the BBCH 47 growth stage, plant height in the control treatment was 65 cm, whereas with fertilizer application it reached 80 cm. Yara N-Tester™ readings increased consistently with increasing fertilizer rates and depended on the type of fertilizer applied. The highest value, 792 units, was recorded following the application of diammonium phosphate (diammophoska) at a rate of 100 kg/ha, which was 49.2% higher than the control level. According to the Yara N-Tester™ readings, the predicted yield for this treatment was 8.0 t/ha, compared with 5.3 t/ha in the control treatment. Actual grain yield was characterized by greater variability. In the control treatment, it ranged from 4.5 to 5.0 t/ha, while the application of urea increased yield to 6.0 t/ha, and the application of superphosphate and diammophoska increased it to 9.1 t/ha. Correlation and regression analysis revealed a statistically significant positive relationship between the Yara N-Tester™ reading and actual yield: r = 0.7775, p = 0.0029, R^2 = 0.6045. The results confirm the informative value of the Yara N-Tester™ for rapid diagnosis of the nitrogen status of plants and assessment of the productive potential of the crop. At the same time, the realization of actual yield depended not only on nitrogen supply but also on a complex of weather, soil, and technological factors. The practical significance of the results lies in the possibility of using instrumental diagnostics of plant nitrogen status to optimize mineral nutrition and improve the efficiency of winter wheat cultivation technology.

Key words: *winter wheat, predicted yield, actual yield, plant height, Yara N-Tester.*

Постановка проблеми. Одним із ключових факторів для високих врожаїв є засвоєння азотних добрив. Азот є одним із основних елементів мінерального живлення, який визначає інтенсивність формування вегетативної маси, розвиток кореневої системи, кущіння, площу асиміляційної поверхні та подальше формування елементів продуктивності.

Водночас недостатнє азотне забезпечення обмежує реалізацію потенціалу сорту, тоді як надмірне внесення азотних добрив може спричиняти непропорційний розвиток вегетативної маси, зниження ефективності використання азоту та підвищення ризику негативного впливу посухи на продукційний процес. За умов одночасної дії високих температур і дефіциту вологи характер взаємодії азотного живлення з продуктивністю пшениці стає особливо важливим, оскільки оптимізація азотного забезпечення може впливати на фотосинтетичну активність, перерозподіл азоту та налив зерна.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Встановлено, що засвоюваність азоту в озимих зернових культурах має значний вплив на вміст білка та класність самої культури [1, 4]. Завдяки застосуванню приладу N-Tester™ який легко вимірює рівень поглинання азоту культурою, для визначення точної потреби азоту, для подальших корегувань за потреби [2].

Багаторічні дослідження закордоном зокрема у Франції показали, що застосування приладу для вимірювання поглинання азоту сприяло збільшенню вмісту білка на 0,3% та збільшення врожайності на 120 кг/га при цьому вона впливає на збільшення валового прибутку на 18 євро (вартість внесення добрив вирахувана) [3]. Оптичні методи визначення дозволяють непрямо оцінювати вміст азоту в рослині, оскільки ці технології не можуть вимірювати його безпосередньо. Вимірювання проходять швидко, недорого і їх можна проводити інтенсивно у просторі та часі, що забезпечує потрібну роздільну здатність для управління добривами з азотом [5]. Встановлено в дослідженні [6], що застосування Yara N-Tester™ дає змогу диференційовано оцінювати азотний стан озимої пшениці після внесення гною. За показників сенсорів 60–65% від референтного рівня оптимальна норма мінерального азоту становила від 118 до 128 кг N/га**,** тоді як за 85–90% від 100 до 110 кг N/га.

Дослідження [7] показало, що за норм внесення азоту 0–400 кг N/га індекс NDRE стабільніше оцінював азотний стан рослин, ніж NDVI, RVI та RERVI, і тісніше був пов'язаний із площею листків та накопиченням азоту (R^2 вище). Модель на основі NDRE мала $R^2 > 0,90$, RMSE < 5%**,** а між SV і врожайністю встановлено $R^2 > 0,70$; підвищення SV на 0,1 забезпечувало приріст урожайності на 3608,1 кг/га**.** У досліді в посівах озимої пшениці встановлено [8] за норм N 0–200 кг/га підвищення азотного живлення збільшувало врожайність зерна з 2,11 до 6,78 т/га**,** а вміст білка з 8,96 до 17,19%. Роздільне внесення азоту у лютому–березні було ефективнішим за передпосівне внесення за врожайністю, білковістю та ефективністю використання азоту.

У дослідженні [9, 13, 14], проведеному в Норвегії, вміст хлорофілу в листках озимої пшениці визначали за допомогою приладу Yara N-Tester™ у середині фази BBCH 55**.** Результати вимірювань виражали у вигляді значень N-Tester. Для кожного варіанта досліду вимірювання проводили на 30 випадково відібраних рослинах у кожній повторності**,** використовуючи спектральний діапазон 650–940 нм**.** Застосування азотних добрив сприяло підвищенню показника Yara N-Tester™ з 597 до 708–731**,** при цьому максимальний вміст азоту в рослинах **(**3,15%) встановлено за N + S-технології, а найвище його поглинання (112,90 мг/рослину) та фактичну врожайність (8,18 т/га) за N + S + IN-технології. Співвідношення врожайності до показників N-Tester

становило 0,01049–0,01131 т/га на одиницю приладу, причому максимальну продуктивність отримано за N-Tester 723**,** що вказує на відсутність прямолінійної залежності між інтенсивністю азотного живлення та врожайністю і підтверджує визначальну роль ефективності використання азоту [10, 12].

В роботі [11, 14] встановлено, що зв'язок між показниками Yara N-Tester™ та врожайністю зерна пшениці посилювався упродовж вегетації. Середній коефіцієнт кореляції зростав від 0,70 у фазі кущіння до 0,84 на початку виходу в трубку і 0,87 у фазі колосіння**,** тоді як коефіцієнт варіації знижувався відповідно з 14,36 до 9,18 та 6,14%. Це свідчить, що N-Tester™ найточніше характеризує азотний стан посіву та потенційну врожайність на середніх і пізніх етапах розвитку пшениці.

Мета статті полягала в оцінюванні взаємозв'язку між азотним станом рослин, прогнозованою та фактичною врожайністю пшениці озимої сорту Артіст в умовах Лісостепу України залежно від варіанта мінерального живлення, з визначенням інформативності показника Yara N-Tester™ для оцінювання очікуваної продуктивності посіву.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводили в умовах Лісостепу України на посівах пшениці озимої сорту Артіст. Експериментальні дослідження виконували протягом 2024–2026 рр. у польових умовах за типової для регіону технології вирощування культури, попередником був соняшник. Схема досліду включала 10 варіантів, розміщених рендомізовано у триразовій повторності: контроль без внесення добрив та три види мінеральних добрив карбамід, суперфосфат і діамофоска у фізичних нормах 60, 90 та 100 кг/га.

Для оцінювання азотного стану рослин використовували портативний прилад Yara N-Tester™**,** за допомогою якого визначали відносний вміст хлорофілу в листковому апараті. Вимірювання проводили упродовж основних фаз розвитку пшениці озимої відповідно до шкали ВВСН. Для кожного варіанта здійснювали серію вимірювань на типових, добре розвинених листках із подальшим визначенням середнього значення показника.

Азотний стан рослин пшениці озимої визначали за допомогою портативного приладу Yara N-Tester™, принцип роботи якого ґрунтується на вимірюванні інтенсивності зеленого забарвлення листків, що пов'язане з умістом хлорофілу та рівнем азотного живлення рослин. Вимірювання проводили у визначені фази розвитку пшениці озимої відповідно до шкали ВВСН. На кожному варіанті досліду виконували 30 вимірювань для одного повторення (90 на варіант) на різних рослинах, рівномірно розподілених по ділянці. Датчик приладу розміщували в середній частині пластинки наймолодшого повністю розвиненого листка, уникаючи центральної жилки та пошкоджених ділянок. За результатами вимірювань визначали середнє значення показника N-Tester™ для кожного варіанту досліду. Отримані дані використовували для оцінки забезпеченості рослин азотом та порівняння ефективності різних варіантів удобрення.

Визначення фактичного азотного статусу та індексу азотного живлення [17]

Для кількісної характеристики забезпеченості рослин азотом за можливості додатково визначали концентрацію загального азоту (Na) у надземній масі рослин. Відбір рослинних зразків здійснювали одночасно з вимірюваннями N-Tester, що забезпечувало синхронізацію інструментальної та лабораторної оцінки азотного статусу.

Індекс азотного живлення (NNI, Nitrogen Nutrition Index) розраховували як відношення фактичної концентрації азоту в надземній біомасі (Na) до критичної концентрації азоту (Nc):

$$NNI = \frac{N_a}{N_c}$$

де Na – фактична концентрація азоту в надземній біомасі, % сухої речовини; Nc – критична концентрація азоту, % сухої речовини.

Критичну концентрацію азоту визначали відповідно до концепції кривої розбавлення азоту, за якою критичний вміст N зменшується зі збільшенням накопичення сухої біомаси. Для озимої пшениці використовували залежність:

$$N_c = 5{,}35 \times DM^{-0{,}442}$$

де DM – кількість сухої речовини надземної біомаси, т/га; Nc – критична концентрація азоту, % сухої речовини.

Значення NNI ≈ 1 характеризує наближений до оптимального азотний статус рослин, тоді як значення NNI < 1 свідчить про недостатній рівень азотного забезпечення, а NNI > 1 – про концентрацію азоту, вищу за критичний рівень для сформованої біомаси.

Фактичну врожайність пшениці озимої визначали шляхом зважування зерна, отриманого з облікової площі (50 м²) кожної дослідної ділянки [16], з подальшим перерахунком на 1 га, прогнозовану врожайність визначали за показниками Yara N-Tester™ [15].

Оцінювання взаємозв'язку між азотним статусом і врожайністю [18]

Для встановлення характеру та сили взаємозв'язків між показниками N-Tester, NNI, прогнозованою та фактичною врожайністю проводили кореляційний і регресійний аналіз.

Тісноту лінійного взаємозв'язку оцінювали за коефіцієнтом кореляції Пірсона (r). Для визначення частки варіації залежної ознаки, яка пояснюється зміною незалежної змінної, використовували коефіцієнт детермінації (R^2).

Для основних залежностей будували регресійні моделі виду:

$$Y = a + bX$$

де Y – урожайність або інший досліджуваний показник; X – показник азотного стану рослин (N-Tester або NNI); a – вільний член рівняння регресії; b – коефіцієнт регресії.

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Окремо оцінювали залежності:

1. N-Tester → фактична врожайність;
2. N-Tester → прогнозована врожайність;
3. NNI → фактична врожайність;
4. NNI → прогнозована врожайність;
5. прогнозована врожайність → фактична врожайність.

Такий підхід давав змогу оцінити не лише рівень азотного забезпечення рослин, а й придатність показника N-Tester як оперативного індикатора потенціалу формування врожайності пшениці озимої. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методами дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізів із використанням Microsoft Excel та Statistica 12.

Основні результати дослідження. За результатами досліджень 2024–2026 рр. встановлено закономірне збільшення висоти рослин пшениці озимої у фазі ВВСН 47 під впливом застосування мінеральних. На контрольному варіанті, де добрива не застосовували, середня висота рослин становила 65 см**,** тоді як внесення добрив сприяло її збільшенню до 77–80 см, що свідчить про позитивний вплив покращення мінерального живлення на інтенсивність ростових процесів (табл. 1).

Найвищі показники росту пшениці озимої сорту Артіст, 80 см сформувалися за використання карбаміду в нормі 100 кг/га. За зменшення норми карбаміду до 90 та 60 кг/га висота рослин становила відповідно 79 та 78 см. Застосування суперфосфату забезпечувало поступове збільшення показника від 77 см за норми 60 кг/га до 79 см за 100 кг/га**,** тоді як за внесення діамофоски висота рослин змінювалася в аналогічному діапазоні від 77 до 79 см.

Порівняння досліджуваних видів добрив свідчить про дещо вищу ефективність азотного живлення у формуванні надземної маси та лінійного росту рослин. Зокрема, за максимальної норми внесення 100 кг/га карбамід забезпечував висоту рослин на 1 см більшу порівняно із суперфосфатом і діамофоскою.

Товщина стебла в таблиці 2 є важливою морфометричною ознакою пшениці озимої, яка характеризує інтенсивність формування вегетативної маси та механічну стійкість рослин. Її величина значною мірою залежить від рівня мінерального живлення, зокрема забезпеченості рослин основними елементами живлення на початкових етапах органогенезу. У фазі ВВСН 47 цей показник відображає сформований потенціал стебла та його здатність забезпечувати подальше формування продуктивності рослин.

За результатами досліджень в (табл. 2) 2024–2026 рр. встановлено, що товщина стебла пшениці озимої у фазі ВВСН 47 істотно варіювала залежно від виду мінерального добрива та рівня його внесення.

На контрольному варіанті, без застосування добрив, товщина стебла становила 4,5 мм, що характеризує природний рівень розвитку стеблового апарату за ґрунтової забезпеченості елементами живлення. Застосування мінеральних добрив змінювало цей показник, причому характер реакції значною мірою визначався як видом добрива, так і нормою його внесення (див. табл. 2).

Найбільш виражене потовщення стебла спостерігалося за внесення суперфосфату та діамофоски. За норми 60 кг/га товщина стебла становила відповідно 4,0 мм, за 90 кг/га від 4,8 до 4,9 мм, а за 100 кг/га показник досягав 5,0 мм за обох видів добрив. Отже, порівняно з контролем максимальне збільшення товщини стебла становило близько 0,5 мм, або 11,1%. Така закономірність свідчить про позитивний вплив збалансованого фосфорного та комплексного живлення на формування механічно міцного стебла.

За використання карбаміду показник був нижчим і, відповідно до наведених у таблиці даних, становив від 4,0 до 4,2 мм залежно від рівня удобрення. Таким чином, реакція рослин на карбамід була менш вираженою порівняно із суперфосфатом і діамофоскою. Водночас загальна тенденція до формування більш товстого стебла за підвищення рівня мінерального живлення зберігалася.

Отримані дані дають підстави стверджувати, що підвищення забезпеченості рослин елементами мінерального живлення сприяло оптимізації морфогенетичних процесів та формуванню стебла з більшою товщиною. Особливо виразно це проявилося за застосування суперфосфату і діамофоски у нормах 90 та 100 кг/га, що може мати важливе значення для підвищення стійкості рослин до вилягання та забезпечення ефективного

Таблиця 1

Середня висота рослин пшениці озимої за різних норм внесення мінеральних добрив при посіві у фазу ВВСН 47, 2024–2026 р.

Варіант удобрення	Фізична норма внесення мінеральних добрив, кг/га		
	60	90	100
Контроль (без добрив)	65		
Карбамід	78	79	80
Суперфосфат	77	78	79
Діамофоска	77	78	79
$НІР_{05}$	3,71	3,79	3,83

Таблиця 2

Середня товщина стебла рослин пшениці озимої за різних норм внесення мінеральних добрив при посіві у фазу ВВСН 47, мм, 2024–2026

Варіант удобрення	Фізична норма внесення мінеральних добрив, кг/га		
	60	90	100
Контроль (без добрив)	4,5		
Карбамід	2,0	4,0	4,0
Суперфосфат	4,0	4,8	5,0
Діамофоска	4,0	4,9	5,0
$НІР_{05}$	0,18	0,22	0,23

транспорту асимілянтів у період формування і наливу зерна.

Загалом, найсприятливіші умови для формування потовщеного стебла пшениці озимої у фазі ВВСН 47 створювалися за внесення суперфосфату та діамофоски в нормі від 90 до 100 кг/га, тоді як контрольний варіант характеризувався нижчим рівнем структурного розвитку стебла.

За результатами трирічних досліджень, в (таблиці 3) проведених у 2024–2026 рр., встановлено чітку диференціацію показників Yara N-Tester™ у фазі ВВСН 47 залежно від виду мінерального добрива та його норми внесення. Дослідження проводили за попередника соняшник, який вирощували впродовж двох років**,** що забезпечувало відносно однорідний агрофон для оцінювання реакції рослин на мінеральне живлення.

На контрольному варіанті без внесення добрив середнє значення N-Tester™ становило 531 умовну одиницю. Підвищення рівня мінерального живлення супроводжувалося закономірним збільшенням індексу азотного стану рослин. За внесення добрив у нормі 60 кг/га показник зростав від 559 до 755**,** за 90 кг/га від 575 до 755, а за максимальної норми 100 кг/га досягав 792 одиниць залежно від виду добрива. За застосування карбаміду показник N-Tester™ становив 640, 650 та 661 одиниць відповідно за норм 60, 90 і 100 кг/га. Отже, послідовне підвищення дози добрива забезпечувало поступове зростання індексу на 21 та 32 одиниці порівняно з найнижчою нормою.

За використання суперфосфату значення N-Tester™ були дещо вищими й становили відповідно 645, 653 та 676 одиниць за норм 60, 90 і 100 кг/га. Таким чином, у межах досліджуваного діапазону спостерігалося поступове підвищення показника зі збільшенням норми добрива, що свідчить про посилення фізіологічної активності листкового апарату. Найвищі значення Yara N-Tester™ зафіксовано у варіантах із внесенням діамофоски. Показник становив 745 одиниць за норми 60 кг/га, 755 одиниць за 90 кг/га та досягав максимального значення 792 одиниці за норми 100 кг/га (табл. 3).

Таблиця 3

Середні показники N-тестера пшениці озимої за різних норм внесення мінеральних добрив при посіві у фазу ВВСН 47, 2024–2026

Варіант удобрення	Фізична норма внесення мінеральних добрив, кг/га		
	60	90	100
Контроль (без добрив)	531		
Карбамід	640	650	661
Суперфосфат	645	653	676
Діамофоска	745	755	792
$НІР_{05}$	32,01	32,71	33,8

Порівняно з контролем максимальне значення зросло на 261 одиницю, або приблизно на 49,2%**,** що свідчить про найбільш виражене підвищення індексу азотного стану рослин за цього варіанта удобрення. Порівняльний аналіз показує, що за норми 100 кг/га показник N-Tester™ за діамофоски був на 131 одиницю вищим, ніж за карбаміду, та на 116 одиниць вищим, ніж за суперфосфату.

Прогнозована врожайність є важливим інтегральним показником, що дає змогу оцінити потенціал продуктивності посіву на певному етапі органогенезу та визначити ймовірний рівень реалізації врожайного потенціалу пшениці озимої. Використання показників Yara N-Tester™ у фазі ВВСН 47 дає можливість оперативно охарактеризувати азотний стан рослин і на цій основі спрогнозувати формування майбутньої врожайності. За результатами досліджень в таблиці 4 встановлено чітку залежність прогнозованої врожайності пшениці озимої від виду та норми мінерального удобрення за попередника соняшник, який вирощували впродовж двох років.

На контрольному варіанті без добрив прогнозована врожайність становила 5,3 т/га**,** тоді як застосування мінеральних добрив забезпечувало її послідовне підвищення. За внесення карбаміду в нормі 60, 90 та 100 кг/га прогнозований рівень урожайності становив відповідно 6,4; 6,5 та 6,6 т/га**,** що свідчить про поступове зростання продуктивного потенціалу зі збільшенням норми удобрення. За використання суперфосфату показник зростав від 6,5 до 6,7 т/га**,** відповідно за збільшення норми від 60 до 100 кг/га.

Найвищі значення зафіксовано за внесення діамофоски**,** де прогнозована врожайність становила 7,5 т/га за норми 60 кг/га, 7,6 т/га за 90 кг/га та досягала максимального рівня 8,0 т/га за 100 кг/га.

Порівняно з контролем максимальне підвищення прогнозованої врожайності за цього варіанта становило 2,7 т/га, або 50,9%**,** що свідчить про найбільш сприятливе формування продукційного потенціалу посіву.

За норми 100 кг/га перевага діамофоски порівняно з карбамідом становила 1,4 т/га**,** а порівняно із суперфосфатом 1,3 т/га. Таким чином, характер зміни прогнозованої врожайності узгоджується з установленою раніше

Таблиця 4

Середня прогнозована врожайність пшениці озимої на основі показників N-тестера, т/га, 2024–2026

Варіант удобрення	Фізична норма внесення мінеральних добрив, кг/га		
	60	90	100
Контроль (без добрив)	5,3		
Карбамід	6,4	6,5	6,6
Суперфосфат	6,5	6,6	6,7
Діамофоска	7,5	7,6	8,0
$НІР_{05}$	0,32	0,33	0,34

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Таблиця 5

Середня фактична врожайність зерна пшениці озимої, т/га, 2024–2026

Варіант удобрення	Фізична норма внесення мінеральних добрив, кг/га		
	60	90	100
Контроль (без добрив)	4,5		
Карбамід	5,1	5,2	6,0
Суперфосфат	5,5	8,2	9,1
Діамофоска	7,0	8,0	9,1
$НІР_{05}$	0,28	0,33	0,37

диференціацією показників N-Tester™, що вказує на доцільність використання цього інструментального показника для оперативної оцінки стану посіву та прогнозування його продуктивності.

Фактична врожайність зерна пшениці озимої сорту Артіст таблиця 5 у 2024–2026 рр. характеризувалася вираженою варіабельністю залежно від виду мінерального добрива та норми його внесення.

На контрольному варіанті без добрив урожайність становила 4,5 т/га**,** тоді як застосування карбаміду забезпечувало її підвищення до 6,0 т/га. Найбільш істотна реакція культури спостерігалася за використання суперфосфату та діамофоски. За суперфосфату фактична врожайність зростала від 5,5 т/га за норми 60 кг/га до 8,2 та 9,1 т/га за 90 і 100 кг/га відповідно. За діамофоски цей показник становив відповідно 7,0; 8,0 та 9,1 т/га.

З урахуванням того, що N-тестер опосередковано характеризує азотний статус рослин через відносний вміст хлорофілу в листках, отримані кореляційно-регресійні залежності доцільно інтерпретувати не як прямий вплив показника N-тестера на врожайність, а як відображення зв'язку між фізіологічним станом посіву, забезпеченістю азотом, фотосинтетичною активністю та формуванням урожайності пшениці озимої.

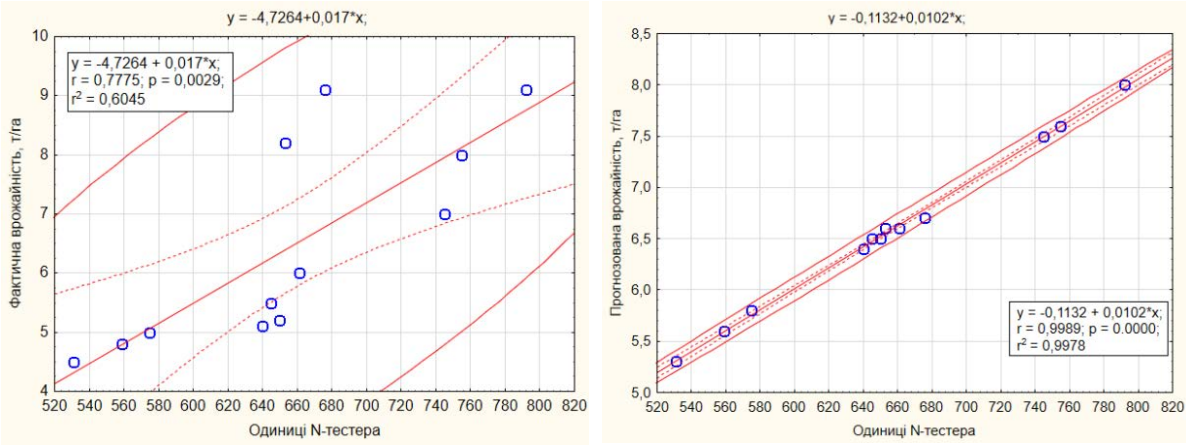
Між показниками N-тестера та фактичною врожайністю пшениці озимої встановлено прямий статистично значущий зв'язок середньої сили ($r = 0,7775$; $p = 0,0029$; $R^2 = 0,6045$), що свідчить про істотну роль азотного статусу рослин у формуванні продуктивності посіву.

Оскільки показник N-тестера (рисунок 1) ґрунтується на оцінюванні відносного вмісту хлорофілу в листковій пластинці, його підвищені значення, як правило, відображають більшу концентрацію хлорофілу та, відповідно, кращий азотний статус рослин. Азот є ключовим елементом формування хлорофілу, ферментативного апарату фотосинтезу та білкового комплексу листка, тому достатня забезпеченість ним сприяє підтриманню високої фотосинтетичної активності та накопиченню асимілятів, необхідних для формування генеративних органів і насіння.

Отримане значення $R^2 = 0,6045$ показує, що варіація показників N-тестера пояснювала близько 60,45 % варіабельності фактичної врожайності. Для польових агрономічних досліджень це досить високий рівень пояснювальної здатності, однак він водночас демонструє, що врожайність пшениці озимої не може розглядатися як функція лише азотного статусу рослин.

Близько 39,55% варіації врожайності зумовлювали інші фактори, серед яких важливе значення мають вологозабезпечення, температурний режим, тривалість та інтенсивність сонячної радіації, сортові особливості, густота посіву, забезпеченість фосфором і калієм, реакція ґрунтового середовища, ефективність симбіотичної азотфіксації, діяльність бульбочкових бактерій, фітосанітарний стан посіву та технологічні прийоми вирощування.

Особливо важливо враховувати специфіку пшениці озимої як зернової культури, продуктивність якої значною мірою визначається рівнем мінерального живлення та ефективністю використання доступного азоту.



фактична прогнозована

Рис. 1. Параметри статистичних зв'язків фактичної та прогнозованої врожайності з показниками N-тестера

Для пшениці озимої показник N-Tester™ характеризує фізіологічний стан листкового апарату, насамперед пов’язаний із вмістом хлорофілу та забезпеченістю рослин азотом. Водночас високі значення N-Tester™ не завжди є прямим еквівалентом високої врожайності, оскільки кінцева продуктивність формується під впливом комплексу взаємопов’язаних чинників. Визначальне значення мають ефективність фотосинтетичного апарату, тривалість його функціонування, перерозподіл асимілятів до генеративних органів, кількість продуктивних стебел, озерненість колоса та маса зерна. Тому однаковий або близький рівень показників N-Tester™ може відповідати різному рівню фактичної врожайності залежно від умов вирощування, забезпеченості вологою, температурного режиму та здатності рослин реалізувати сформований продуктивний потенціал.

Рівняння регресії y = –4,7264+0,017x підтверджує позитивну тенденцію: збільшення показника N-тестера на одну одиницю супроводжувалося середнім підвищенням фактичної врожайності на 0,017 т/га. Проте цей коефіцієнт не слід трактувати як безпосередню причинну дію хлорофілу на врожайність. Коректніше розглядати його як кількісну характеристику асоціації між індикатором азотного статусу листкового апарату та реалізованою продуктивністю посіву.

Надзвичайно високий коефіцієнт кореляції між N-тестером та прогнозованою врожайністю ($r = 0,9989$; $R^2 = 0,9978$) принципово відрізняється від залежності з фактичною врожайністю. Значення $R^2 = 0,9978$ означає, що прогнозована врожайність практично повністю узгоджується з варіацією показника N-тестера. Однак це, найімовірніше, пов'язано з методикою її розрахунку або структурою прогнозної моделі, у якій показник N-тестера є безпосереднім або одним із ключових предикторів.

Тому настільки високий коефіцієнт детермінації не варто інтерпретувати як доказ того, що N-тестер здатний практично зі 100% точністю передбачити реальну врожайність у польових умовах. Він свідчить насамперед про дуже тісну математичну відповідність між N-тестером і тією величиною, яка була визначена як прогнозована врожайність.

Натомість зниження R^2 до 0,6045 при переході від прогнозованої до фактичної врожайності демонструє вплив численних чинників, які реалізуються вже після моменту оцінювання хлорофільного статусу рослин.

Урожайність пшениці озимої формується як сукупний результат взаємодії генетичного потенціалу сорту, погодних і ґрунтових умов та рівня технологічного забезпечення посіву. Показник N-тестера при цьому характеризує передусім фізіологічний стан листкового апарату та рівень азотного забезпечення рослин, тому є лише одним із чинників, що визначають потенціал формування врожаю.

На кожному етапі розвитку рослин можуть проявлятися фактори, які обмежують реалізацію продуктивного потенціалу. Зокрема, підвищений рівень хлорофілу та відповідно високі значення N-тестера характеризують достатній рівень азотного живлення і добре функціонування листкового апарату, однак самі по собі не гарантують високої врожайності.

За недостатнього вологозабезпечення рослини знижують інтенсивність транспірації та газообміну, що супроводжується пригніченням фотосинтетичної активності. У таких умовах навіть достатній рівень азотного забезпечення не завжди забезпечує повну реалізацію потенційної продуктивності посіву.

Важливе значення мають також температурні умови впродовж критичних періодів розвитку. Підвищені температури та дефіцит вологи у фазах виходу в трубку, колосіння, цвітіння й наливу зерна можуть негативно позначатися на формуванні кількості зерен у колосі та його виповненості. Водночас недостатнє забезпечення фосфором і калієм, нерівномірне азотне живлення, пошкодження рослин хворобами та шкідниками, забур'яненість посівів, полягання та несприятливі умови перезимівлі також здатні істотно зменшувати рівень фактичної врожайності.

Встановлені значення $r = 0,7775$ та $R^2 = 0,6045$ характеризують достатньо тісний позитивний зв'язок між показником N-тестера та врожайністю пшениці озимої. Величина коефіцієнта детермінації свідчить, що близько 60,45% варіації врожайності статистично пов'язано зі змінами досліджуваного показника, тоді як решта варіації зумовлена дією інших агроекологічних і технологічних чинників.

Висновки. За результатами досліджень встановлено, що мінеральне живлення істотно впливало на ріст і продуктивність пшениці озимої сорту Артіст. Найвищий показник Yara N-Tester™ 792 од. сформувався за внесення діамофоски в нормі 100 кг/га, що на 49,2% перевищувало контроль.

Прогнозована врожайність за цього варіанта становила 8,0 т/га, а максимальна фактична врожайність зерна 9,1 т/га отримана за внесення суперфосфату та діамофоски в нормі 100 кг/га.

Між показником Yara N-Tester™ та фактичною врожайністю встановлено прямий статистично значущий зв’язок ($r = 0,7775$; $p = 0,0029$; $R^2 = 0,6045$), що підтверджує інформативність N-Tester™ для оцінювання азотного стану та продуктивного потенціалу посіву.

Отже, використання Yara N-Tester™ є доцільним для оперативної діагностики азотного забезпечення пшениці озимої та обґрунтування оптимізації мінерального живлення.

Подяки. Дане дослідження виконувалося у 2024–2026 роках відповідно до загальноуніверситетської наукової тематики Уманського національного університету «Збалансоване використання, прогнозування та управління природно-ресурсним потенціалом агроекосистем України» (0121U112521) та «Природні ресурси України – збереження, раціональне

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

(збалансоване) використання інноваційних технологій» (0126U000146).

Фінансування дослідження. Автори заявляють, що дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Авторський колектив дослідження погодився з вимогами European Association of Science Editors (EASE), щодо розкриття інформації про конфлікт інтересів та заявляють про його відсутність.

Авторський внесок.

Остапчук В. В.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; розробка програмного забезпечення; валідація відтворюваності результатів; забезпечення ресурсами та обладнанням; підготовка рукопису – перегляд і редагування; наукове керівництво; адміністрування процесу.

Рогальський С. В.: підбір методів дослідження; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування; графічне представлення результатів.

Кононенко Л. М.: підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування; графічне представлення результатів.

Усатюк О. В.: визначення концепції дослідження; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування.

Усик С. В.: визначення концепції дослідження; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування.

Лозінська А. С.: визначення концепції дослідження; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування.

Борисенко В.В.: визначення концепції дослідження; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування.

Борисенко В. В.: визначення концепції дослідження; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту: під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ-асистовані технології не використовувалися.

References

1. Raun, W.R., Johnson, G.V., Stone, M.L., Solie, J.B., Lukina, E.V., Thomason, W.E., Schepers, J.S. (2001). In-season prediction of potential grain yield in winter wheat using canopy reflectance. Agronomy Journal, 93, pp. 131–138. https://doi.org/10.2134/agronj2001.931131x.

2. Hansen, P.M., Jørgensen, J.R., Thomsen, A. (2003). Predicting grain yield and protein content in winter wheat and spring barley using repeated canopy reflectance measurements and partial least squares regression. Journal of Agricultural Science, 139, pp. 307–318. https://doi.org/10.1017/S002185960300318X.

3. Yara. (2026). Yara N-Tester™ – portable device for determining nitrogen uptake by plants. Available at: https://www.yara.ua/crop-nutrition/tools-and-services-landing-page/n-tester/. [Accessed 31 August 2026].

4. Zhao, B., Duan, A., Ata-Ul-Karim, S.T., Liu, Z., Chen, Z., Gong, Z., Zhang, J., Xiao, J., Liu, Z., Qin, A. (2018). Exploring new spectral bands and vegetation indices for estimating nitrogen nutrition index of summer maize. European Journal of Agronomy, 93, pp. 113–125. https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.12.005.

5. Ravier, C., Jeuffroy, M.H., Gate, P., Cohan, J.P., Meynard, J.M. (2018). Combining user involvement with innovative design to develop a radical new method for managing N fertilization. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 110, pp. 117–130. https://doi.org/10.1007/s10705-017-9872-2.

6. Aranguren, M., Castellón, A., Aizpurua, A. (2019). Crop sensor-based in-season nitrogen management of wheat with manure application. Remote Sensing, 11, 1094. https://doi.org/10.3390/rs11091094.

7. Zhang, K., Ge, X., Shen, P., Li, W., Liu, X., Cao, Q., Zhu, Y., Cao, W., Tian, Y. (2019). Predicting rice grain yield based on dynamic changes in vegetation indexes during early to mid-growth stages. Remote Sensing, 11, 387. https://doi.org/10.3390/rs11040387.

8. Mohammed, Y.A., Kelly, J., Chim, B.K., Rutto, E., Waldschmidt, K., Mullock, J., Torres, G., Desta, K.G., Raun, W. (2013). Nitrogen fertilizer management for improved grain quality and yield in winter wheat in Oklahoma. Journal of Plant Nutrition, 36, pp. 749–761. https://doi.org/10.1080/01904167.2012.754039.

9. Škarpa, P., Klofáč, D., Krčma, F., Šimečková, J., Kozáková, Z. (2020). Effect of plasma activated water foliar application on selected growth parameters of maize (Zea mays L.). Water, 12, 3545. https://doi.org/10.3390/w12123545.

10. Antošovský, J., Škarpa, P., Ryant, P. (2024). The effect of nitrogen-sulphur fertilizer with nitrification inhibitor on winter wheat (Triticum aestivum L.) nutrition. Heliyon, 10, e33035, pp. 1–15. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33035.

11. Mishra, A.K., Sharma, S., Angeles, O., Izuddin, M. (2026). Optimizing nitrogen rates in a rice–wheat system of the eastern Indo-Gangetic Plains: Trade-offs between yield, fertilizer N efficiency and modeled greenhouse gas emissions. Journal of Agriculture and Food Research, 24, 103232, pp. 1–10. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2026.103232.

12. Sapkota, T.B., Singh, B., Takele, R. (2023). Improving nitrogen use efficiency and reducing nitrogen surplus through best fertilizer nitrogen management in cereal production: the case of India and China. Advances in Agronomy, 178, pp. 233–294. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2022.11.006.

13. Ludemann, C.I., Gruere, A., Heffer, P., Dobermann, A. (2022). Global data on fertilizer use by crop and by country. Scientific Data, 9, 501. https://doi.org/10.1038/s41597-022-01592.

14. Sapkota, T.B., Singh, B., Takele, R. (2023). Improving nitrogen use efficiency and reducing nitrogen surplus through best fertilizer nitrogen management in cereal production: the case of India and China. Advances in Agronomy, 178, pp. 233–294. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2022.11.006.

15. Raun, W.R., Solie, J.B., Johnson, G.V., Stone, M.L., Lukina, E.V., Thomason, W.E., Schepers, J.S. (2001). In-season prediction of potential grain yield in winter wheat using canopy reflectance. Agronomy Journal, 93(1), pp. 131–138. https://doi.org/10.2134/agronj2001.931131.

16. Kong, H., Wang, J., Cai, T., Du, J., Zhao, C., Hu, C., Jiang, H. (2026). Winter wheat yield estimation under different management practices using multi-source data fusion. Agronomy, 16(1), 71, pp. 1–7. https://doi.org/10.3390/agronomy16010071.

17. Yue, S.; Zhao, R.; Zhang, F.; Cui, Z.; Meng, Q.; Li, F.; Chen, X. Critical Nitrogen Dilution Curve for Optimizing Nitrogen Management of Winter Wheat Production in the North China Plain. *Agron. J.* 2012, *104*, 523–529. https://doi.org/10.2134/agronj2011.0258

18. Follett, R.; Follett, R.; Halvorson, A. Use of a chlorophyll meter to evaluate the nitrogen status of dryland winter wheat. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 1992, *23*, 687–697. https://doi.org/10.1080/00103629209368619

Дата першого надходження статті до видання: 08.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

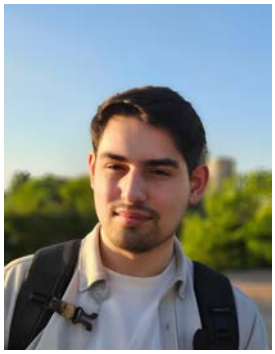
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 633.63:631.531.12
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-121-127



В. В. Поліщук
доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри садово-паркового господарства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: valentin76213@gmail.com
orcid.org/0000-0001-8157-7028

Є. О. Компанієць
аспірант кафедри рослинництва,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: colom@i.ua
orcid.org/0009-0006-9766-8999



ЯКІСТЬ НАСІННЯ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ ЗАЛЕЖНО ВІД СТИМУЛЮВАННЯ ПРОХОДЖЕННЯ ПОЧАТКОВИХ ФАЗ ПРОРОСТАННЯ

У статті висвітлено питання ефективності стимулювання насіння буряків цукрових шляхом ініціювання проходження початкових фаз проростання, що і було метою дослідження. Дослідження проводили в умовах Уманської станції тютюнництва НААН України упродовж 2024–2025 рр. на каліброваному насінні фракції 3,5–4,5 мм триплоїдних гібридів Константа, Ольжич та Рутенія. Стимулювання насіння проводили теплою водою за температури 31–33 °С із різною тривалістю експозиції та періодичністю зміни води. Ефективність способів стимулювання визначали за інтенсивністю проростання на другу добу, енергією проростання на четверту добу, лабораторною та польовою схожістю насіння. З'ясовано, що стимулювання насіння шляхом ініціювання початкових фаз проростання істотно впливало на інтенсивність та енергію проростання і схожість насіння буряків цукрових. Найвищу ефективність встановлено за безперервного стимулювання упродовж 8 годин. За цього способу кількість пророслого насіння на другу добу була на 19% більшою, а енергія проростання та лабораторна схожість – на 7% вищими порівняно з контролем. Високу ефективність також забезпечували стимулювання упродовж 6 годин з триразовою зміною води через кожні 2 години та упродовж 16 годин (8 годин з дворазовою зміною води). Встановлено, що ефективність стимулювання проростання насіння залежала від генотипу: найвищу ефективність відзначено у гібрида Рутенія, найнижчу – у гібрида Константа. Дисперсійним аналізом встановлено, що основним фактором формування інтенсивності проростання було стимулювання, частка впливу якого становила 92,9%. Для енергії проростання та лабораторної схожості цей показник становив відповідно 89,5 та 82,1%. Найвищу польову схожість отримано за безперервного стимулювання упродовж 8 годин – у середньому 79,2%, що достовірно перевищувало контроль та інші досліджувані способи стимулювання насіння.
Ключові слова: *буряки цукрові, насіння, проростання, лабораторна схожість, польова схожість, гібрид.*

V. V. Polishchuk
Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Landscape Gardening,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: valentin76213@gmail.com
orcid.org/0000-0001-8157-7028
E. O. Kompaniets
PhD student at the Department of Crop Science,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: colom@meta.ua
orcid.org/0009-0006-9766-8999

QUALITY OF SUGAR BEET SEEDS DEPENDING ON STIMULATION OF THE INITIAL STAGES OF GERMINATION

This article examines the effectiveness of sugar beet seed stimulation by initiating the early stages of germination, which was the objective of the study. The study was conducted at the Uman Tobacco Research Station of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine during 2024–2025 using calibrated seeds of the 3.5–4.5 mm fraction from the triploid hybrids Konstanta, Olzhych, and Ruthenia. Seed stimulation was performed using warm water at a temperature of 31–33 °C with

different exposure durations and frequencies of water replacement. The effectiveness of the stimulation methods was assessed based on germination intensity on the 2nd day, germination energy on the 4th day, and laboratory and field germination rates. It was established that seed stimulation by initiating the early stages of germination significantly affected germination intensity, germination energy, and laboratory germination. The highest effectiveness was observed with continuous stimulation for 8 hours. Under this treatment, the number of germinated seeds on the 2nd day was 19% higher, while germination energy and laboratory germination were 7% higher than those in the control. High effectiveness was also achieved with 6-hour stimulation involving water replacement every 2 hours and 16-hour stimulation (8 hours twice with water replacement). It was established that the effectiveness of seed germination stimulation depended on the genotype: the highest effectiveness was noted in the Ruthenia hybrid, and the lowest – in the Konstanta hybrid. Analysis of variance revealed that stimulation was the main factor affecting germination intensity, accounting for 92.9% of the total variance. For germination energy and laboratory germination, this proportion was 89.5% and 82.1%, respectively. The highest field germination rate was recorded under continuous stimulation for 8 hours, averaging 79.2%, which significantly exceeded the control and other seed stimulation treatments studied.
Key words: *sugar beet, seeds, laboratory germination, field germination, hybrid.*

Постановка проблеми. Впровадження сучасних технологій вирощування буряків цукрових можливе лише за використання високоякісного насіння. Якість насіння буряків цукрових – це сукупність ознак і властивостей, що характеризують посівний матеріал [1]. Вона залежить від комплексу генетичних факторів, екологічних і агротехнічних умов вирощування, а також способів післязбиральної та передпосівної підготовки [2]. Особливого значення набувають технологічні заходи, спрямовані на підвищення посівних якостей насіння, зокрема стимулювання процесів, що передують його проростанню. Ініціювання початкових фаз проростання може сприяти прискоренню появи проростків, підвищенню енергії проростання та формуванню дружних і рівномірних сходів. Це особливо важливо для буряків цукрових, оскільки швидкість і рівномірність сходів визначають подальший розвиток рослин, їх конкурентоспроможність у боротьбі з бур'янами та загальну продуктивність посівів. Тому дослідження ефективності способів стимулювання насіння буряків цукрових шляхом ініціювання початкових фаз проростання, визначення оптимальної тривалості таких заходів та їх впливу на інтенсивність і енергію проростання, а також лабораторну й польову схожість є досить актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Якість насіння можна підвищувати у процесі створення нових сортів і гібридів, за його вирощування та передпосівної підготовки. Ефективним способом підвищення схожості на цьому етапі є сортування за аеродинамічними властивостями та питомою масою, яке дає змогу видалити біологічно неповноцінну фракцію, покращити посівні якості та виділити насіння з високим врожайним потенціалом [3, 4]. Одним із способів підвищення схожості насіння є шліфування і скарифікація насіння, які забезпечують вільний доступ води та кисню до зародка і, відповідно – підвищують інтенсивність проростання [5]. Обробка насіння і насінників буряків цукрових стимуляторами росту забезпечує достовірне підвищення енергії проростання і схожості [6, 7]. Так, обробка насіння препаратом Бетастимулін забезпечувала збільшення лабораторної схожості на 8%, а стимулятором Регоплант – на 10% [8]. Популярним способом підвищення інтенсивності проростання насіння є гідропраймування або метод контрольованого зволоження з подальшим повторним висушуванням насіння [9, 10]. За гідропраймінгу спостерігається інтенсифікація появи дружніх сходів та зростання адаптивного потенціалу рослин до несприятливих чинників довкілля й стресових навантажень [11].

Alipor et al. встановили, що гідротермічне праймування насіння буряків цукрових підвищує схожість, прискорює та вирівнює проростання, а в польових умовах сприяє підвищенню польової схожості [12]. Chomontowski et al. зазначають, що праймування підвищує схожість насіння на 3,2–4,5% та скорочує тривалість проростання на 1,02–1,15 доби [13]. Кірізій Д. А. зазначає, що праймування перед проростанням активує метаболічні процеси в насінні, що сприяє проростанню, ранньому укоріненню, підвищенню стресостійкості і врожайності культур [14]. Dotto та Silva підтвердили перспективність гідропраймування і застосування регуляторів росту для активізації метаболічних процесів та прискорення проростання насіння буряків цукрових [6]. Дослідження Shokouhian і Omidi (2021) також засвідчили позитивний вплив гідро- та осмопраймування на показники проростання, енергію проростання й ріст сіянців буряків цукрових, особливо за несприятливих умов середовища [15].

Метою статті було оцінювання впливу способів стимулювання початкових фаз проростання на посівні якості насіння буряків цукрових.

Методика дослідження. Лабораторні дослідження щодо ефективності стимулювання насіння буряків цукрових шляхом ініціювання початкових фаз проростання проводили в умовах Уманської станції тютюнництва НААН України упродовж 2024–2025 рр. Схема досліду включала контроль (без стимулювання насіння), а також варіанти з різною тривалістю експозиції та рівнем вологості: 2 години (0,5 години 4 рази із зміною води), 24 години (безперервно), 6 годин (3 рази по 2 години із зміною води), 8 годин (безперервно), 16 годин (2 рази по 8 годин із зміною води), 24 години (3 рази по 8 годин із зміною води). Повторність чотириразова.

Стимулювання каліброваного насіння фракції 3,5–4,5 мм триплоїдних гібридів Константа, Ольжич та Рутенія проводили теплою водою за температури не вище 31–33 °С згідно зі схемою досліду. Після цього визначали вологість і викладали насіння на фільтрувальний папір для пробудження зародка. Стимулювання насіння понад 24 години призводило до передчасного

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

проростання, тому цей варіант зі схеми досліду виключили. Після підсушування визначали інтенсивність проростання насіння.

Якість насіння – кількість пророслого насіння на другу добу (через 48 годин після сівби), четверту добу (енергія проростання) та десяту добу (схожість) визначали згідно з чинним ДСТУ [16]. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методами дисперсійного і кореляційно-регресійного аналізів за критерієм Фішера [17] з використанням методичних рекомендацій [18].

Основні результати досліджень. Встановлено, що передпосівне стимулювання насіння шляхом ініціювання початкових фаз проростання зі зміною тривалості замочування у воді забезпечило достовірне підвищення інтенсивності проростання в усіх варіантах порівняно з контролем, за винятком безперервної обробки упродовж 24 годин (табл. 1).

Перебування насіння в теплій воді упродовж 24 годин за нестачі кисню призвело до загибелі проростків, що проклюнулися. Про це свідчать результати контролю (без стимулювання), де на другу добу інтенсивність проростання була на 10%, енергія проростання – на 17%, а схожість – на 12% вищими, ніж за такого способу стимулювання.

У середньому за гібридами найвищі результати проростання насіння на другу добу, а також на четверту (енергія проростання) та десяту (схожість) отримано за безперервного стимулювання упродовж 8 годин. Кількість пророслого насіння на другу добу була на 19% більшою, а енергія проростання і схожість – на 7% вищими, ніж у контролі.

Високу ефективність отримано за стимулювання упродовж 6 годин (по 2 години тричі зі зміною води) та 16 годин (по 8 годин двічі зі зміною води). За цих способів кількість пророслого насіння на другу добу була відповідно на 16% та 15% більшою порівняно з контролем. За інших способів інтенсивність проростання також залишалася достовірно вищою від контрольних показників.

З'ясовано, що ефективність стимулювання насіння залежала від генотипічних особливостей. Найкраще на обробіток реагував гібрид Рутенія, найгірше – гібрид Константа (табл. 2). Зокрема, за безперервного стимулювання упродовж 8 годин на другу добу після сівби частка пророслого насіння гібрида Рутенія становила 62% (на 21% більше, ніж у контролі), гібрида Ольжич – 55% (на 19% більше), а гібрида Константа – 56% (на 18% більше). Водночас за тривалої експозиції (безперервно упродовж 24 годин, а також за триразового замочування по 8 годин зі зміною води) інтенсивність проростання була значно нижчою порівняно з контролем.

За стимулювання насіння впродовж 6 годин (по 2 години тричі зі зміною води) на другу добу кількість пророслого насіння гібрида Рутенія була більшою на 18%, гібрида Ольжич – на 17%, а гібрида Константа – на 14%. Аналогічне зростання кількості пророслого насіння на другу добу зафіксовано й за варіанту обробітку впродовж 16 годин (по 8 годин двічі зі зміною води).

Дисперсійним аналізом визначено, що найбільший вплив на інтенсивність проростання на другу добу мав фактор «стимулювання» – 92,9%. Частка впливу інших факторів та їх взаємодії була незначною (рис. 1).

Аналогічні закономірності спостерігалися щодо енергії проростання та схожості залежно від способів передпосівного стимулювання насіння. Найвищу енергію проростання в усіх досліджуваних гібридів зафіксовано за безперервного обробітку упродовж 8 годин: максимальний показник (94%) отримано у гібрида Рутенія, а найнижчий (88%) – у гібрида Ольжич. За цього ж способу стимулювання відзначено й найвищу лабораторну схожість насіння (табл. 3).

Водночас варто зазначити, що за безперервного стимулювання насіння упродовж 8 годин енергія проростання була найвищою, проте її приріст порівняно з контролем виявився меншим, ніж на другу добу обліку. Так, якщо на другу добу приріст кількості пророслого насіння гібрида Рутенія становив 18%, то на четверту добу енергія проростання була вищою лише на 10%. Аналогічні результати одержано й для гібридів Ольжич та Константа. Тобто, стимулювання насіння шляхом ініціювання початкових

Таблиця 1

Якість насіння буряків цукрових залежно від способу стимулювання (середнє за гібридами), 2024–2025 рр.

Спосіб стимулювання	Кількість насіння (%), яке проросло на:		
	другу добу, через 48 год.	четверту добу (енергія проростання)	десяту добу (схожість)
Сухе насіння (контроль)	39	84	86
2 години (0,5 години 4 рази із зміною води)	43	86	90
24 години (безперервно)	29	67	74
6 годин (3 рази по 2 години із зміною води)	55	88	92
8 годин (безперервно)	58	91	93
16 годин (2 рази по 8 годин із зміною води)	54	90	92
24 години (3 рази по 8 годин із зміною води)	44	78	82
$НІР_{0,05}$	2,1	1,4	1,0

Таблиця 2

Кількість пророслого насіння на другу добу залежно від способів ініціювання початкових фаз проростання (%), 2024–2025 рр.

Спосіб стимулювання	Гібрид		
	Константа	Ольжич	Рутенія
Сухе насіння (контроль)	38	36	41
2 години (0,5 години 4 рази із зміною води)	44	41	46
24 години (безперервно)	31	28	29
6 годин (3 рази по 2 години із зміною води)	52	53	59
8 годин (безперервно)	56	55	62
16 годин (2 рази по 8 годин із зміною води)	53	54	55
24 години (3 рази по 8 годин із зміною води)	35	33	39
$НІР_{0,05\ заг.}$	2,5		
$НІР_{0,05\ гібрид}$	0,9		
$НІР_{0,05\ стимулятор}$	1,4		

Таблиця 3

Якість насіння залежно від способів ініціювання початкових фаз проростання, % (середнє з трьох дослідів), 2024–2025 рр.

Спосіб стимулювання	Гібрид					
	Константа		Ольжич		Рутенія	
	енергія	схожість	енергія	схожість	енергія	схожість
Сухе насіння (контроль)	81	86	80	84	84	89
2 години (0,5 години 4 рази із зміною води)	86	91	85	89	87	91
24 години (безперервно)	66	74	63	70	71	79
6 годин (3 рази по 2 години із зміною води)	88	90	85	89	92	95
8 годин (безперервно)	90	93	88	90	94	96
16 годин (2 рази по 8 годин із зміною води)	89	91	87	89	93	95
24 години (3 рази по 8 годин із зміною води)	77	84	76	81	81	81
$НІР_{0,05\ заг.}$	2,6	2,8	2,6	2,8	2,6	2,8
$НІР_{0,05\ гібрид}$	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1
$НІР_{0,05\ стимулятор}$	1,5	1,6	1,5	1,6	1,5	1,6



Рис. 1. Вплив факторів на інтенсивність проростання насіння на другу добу після сівби

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

фаз росту найбільше впливає саме на інтенсивність проростання в початковий період (на другу добу), тоді як на показники енергії проростання (через чотири доби) та схожості цей вплив є менш вираженим.

Найнижчі показники енергії проростання зафіксовано за безперервного стимулювання насіння впродовж 24 годин: залежно від гібрида вони становили від 63% (Ольжич) до 71% (Рутенія). Аналогічні результати одержано й за стимулювання впродовж 24 годин із триразовою зміною води через кожні 8 годин. У цьому варіанті енергія проростання була дещо вищою, ніж за безперервного стимулювання впродовж 24 годин, проте залишалася достовірно нижчою порівняно з контролем. За всіх інших способів стимулювання енергія проростання була достовірно вищою від контрольних значень.

Високими показниками вирізнялося стимулювання упродовж 16 годин (по 8 годин двічі зі зміною води), де енергія проростання за гібридами становила 87–93%, а також стимулювання упродовж 6 годин (по 2 години тричі зі зміною води) із показниками 85–92%.

Аналогічні закономірності спостерігалися й щодо лабораторної схожості насіння залежно від способів його стимулювання. Позитивну різницю порівняно з контролем зафіксовано для всіх варіантів стимулювання, окрім безперервного стимулювання упродовж 24 годин та триразової зміни води через кожні 8 годин (у цих випадках схожість була істотно нижчою від контролю в усіх досліджуваних гібридів).

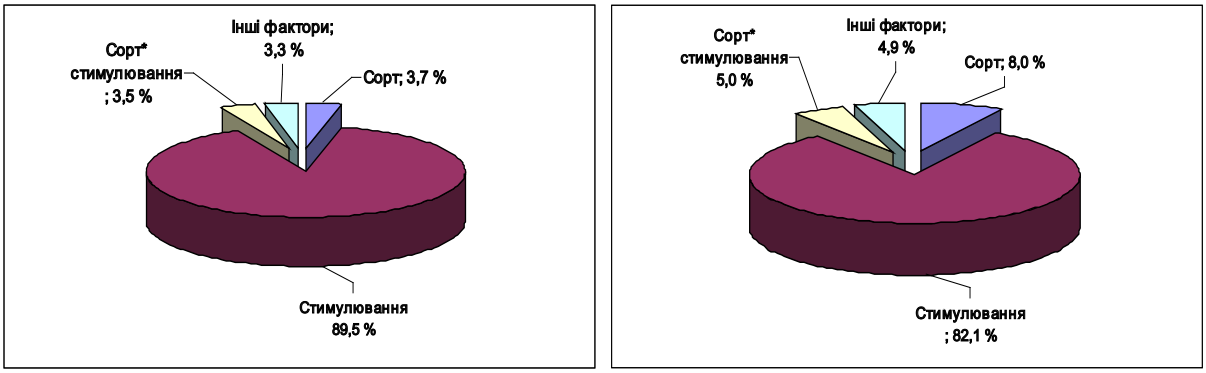
Дисперсійним аналізом встановлено, що найбільший вплив на енергію проростання і схожість мав фактор «стимулювання» – 89,5 та 82,1%, відповідно. Вплив інших факторів та їх взаємодії був незначним (рис. 2).

Щодо впливу факторів на лабораторну схожість насіння, то порівняно з енергією проростання та інтенсивністю появи проростків на ранніх етапах, спостерігалося зростання частки впливу фактора «гібрид», а також взаємодії факторів «гібрид*стимулювання». Натомість для енергії проростання та інтенсивності проростання ці чинники були незначними, а головну роль відігравав безпосередньо фактор «стимулювання».

Інтенсивність проростання насіння після стимулювання в поєднанні зі сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами суттєво позначилася на рівні польової схожості. У середньому за гібридами за однакових умов визначення найвищою польовою схожістю (так само як і лабораторною) характеризувалося насіння за безперервного стимулювання упродовж 8 годин – 79,2%. Цей спосіб стимулювання забезпечив отримання насіння, польова схожість якого була достовірно вищою як порівняно з контролем, так і з іншими варіантами стимулювання.

Гібриди по-різному реагували на способи стимулювання, що позначилося на рівні польової схожості. Найвищі показники польової схожості за всіх способів стимулювання зафіксовано за сівби насінням гібрида Рутенія. За безперервного стимулювання упродовж 8 годин польова схожість усіх гібридів була високою: у гібрида Рутенія вона становила 83,0%, Константа – 79,0% та Ольжич – 75,5%. За стимулювання упродовж 6 годин (3 рази по 2 години із зміною води) та упродовж 16 годин (по 8 годин двічі зі зміною води) польова схожість була дещо нижчою в усіх гібридів. Найменших значень цей показник набував за безперервного стимулювання упродовж 24 годин, а також упродовж 24 годин із триразовою зміною води через кожні 8 годин.

Кореляційно-регресійний аналіз виявив сильну лінійну кореляцію між лабораторною і польовою схожістю з коефіцієнтом детермінації R^2=0,8872 та коефіцієнтом кореляції r = 0,94 (рис. 3).



на енергію проростання на схожість

Рис. 2. Вплив факторів на якість насіння залежно від стимулювання

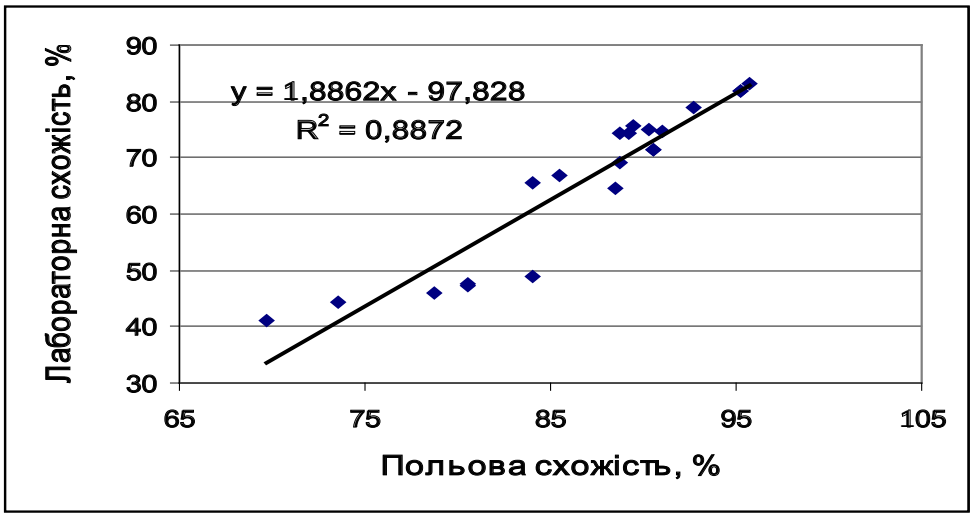


Рис. 3. Залежність польової схожості насіння від лабораторної (середнє за 2024–2025 рр.)

Висновки. Стимулювання насіння шляхом ініціювання проходження початкових фаз проростання завдяки зміні терміну експозиції його замочування у воді забезпечило достовірне підвищення інтенсивності його проростання на другу добу після сівби. Застосування цього прийому під час передпосівної підготовки насіння та сівба ним може забезпечити отримання дружних і рівномірних сходів у польових умовах. Найефективніше на стимулювання реагував гібрид Рутенія, у якого на другу добу (через 48 годин після сівби) отримано 62% проростків, що на 21% більше, ніж у контролі. Реакція гібридів Константа та Ольжич була дещо меншою: кількість пророслого насіння становила відповідно 56% та 55%, що перевищувало контрольні показники на 18% та 19%. За оптимальних способів стимулювання одержано найвищі показники енергії проростання та схожості насіння.

Фінансування дослідження: це дослідження виконане без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів – відсутній

Авторський внесок: усі автори цього дослідження погодилися з вимогами European Association of Science Editors (EASE) щодо внесків авторів та зазначили особистий внесок кожного: Поліщук В.В., Компанієць Є.О. зробили рівноцінний внесок за всіма напрямами (визначення концепції дослідження, підбір методів дослідження, розробка програмного забезпечення, валідація відтворюваності результатів, аналіз даних, проведення експерименту або збирання даних, забезпечення ресурсами та обладнанням, управління даними, підготовка рукопису – первинний текст, підготовка рукопису – перегляд і редагування, графічне представлення результатів, наукове керівництво, адміністрування процесу, залучення фінансування). Усі автори прочитали та схвалили остаточну версію рукопису.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту: під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ-асистовані технології не використовувалися.

References

1. Derzhstandart Ukrainy (2007). Buriaky tsukrovi. Terminy ta vyznachennia poniat (DSTU 2153:2006) [Sugar beet. Terms and definitions (DSTU 2153:2006)]. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 57 [in Ukrainian].

2. Doronin, V.A., Morhun, A.V., Morhun, I.A., Kravchenko,Yu.A.,Dryha,V.V.,Doronin,A.V.,Polishchuk,V.V., Mykolaiko, V.P., & Yatsenko, A.O. (2019). Formuvannia nasinnia tsukrovykh buriakiv ta sadyvnoho materialu miskantusu v umovakh kraplynnoho zroshennia [Formation of sugar beet seeds and miscanthus planting material under drip irrigation] : nauk. vyd. Uman: Vydavets Sochynskyi M.M., 194 [in Ukrainian].

3. Dryha, V.V., Doronin, V.A., Karpuk, L.M., Kravchenko, Yu.A., Doronin, V.V., Pavlychenko, A.A., & Shubenko, L.A. (2021). Sortuvannia nasinnia prosa prutopodibnoho (Panicum virgatum L.) za sukupnistiu oznak [Sorting of switchgrass (Panicum virgatum L.) seeds by a set of traits]. Ahrobiolohiia, 2, 50–56. https://doi.org/10.33245/2310-9270-2021-167-2-50-56 [in Ukrainian].

4. Dryha, V.V., Doronin, V.A., Kravchenko, Yu.A., & Doronin, V.V. (2021). Sortuvannia nasinnia prosa prutopodibnoho za aerodynamichnymy vlastyvostiamy yak sposib pidvyshchennia yoho yakosti [Sorting of switchgrass seeds by aerodynamic properties as a method of improving their quality]. *Bioenerhetyka*, 2(18), 16–20. https://doi.org/10.47414/be.2.2021.244103 [in Ukrainian].

5. Dryha, V.V. (2021). Stratyfikatsiia yak sposib pidvyshchennia skhozhosti nasinnia prosa prutopodibnoho (*Panicum virgatum* L.) [Stratification as a method of improving the germination of switchgrass seeds (*Panicum virgatum* L.)]. *Bioenerhetyka*, 1(17), 16–18. https://doi.org/10.47414/be.1.2021.243938 [in Ukrainian].

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

6. BiBi, R., Elahi, N. N., Danish, S., Alahmadi, T. A., & Ansari, M. J. (2024). Enhancing germination and growth of canola (Brassica napus L.) through hydropriming and NaCl priming. Scientific Reports, 14(1), 14026. https://doi.org/10.1038/s41598-024-63948-2.

7. Smirnykh, V.M., Tyshchenko, M.V., Filonenko, S.V., Liashenko, V.V., & Nikitin, M.M. (2018). Rehuliator rostu roslyn «Hreinaktyv-S» pokrashchuie nasinnia tsukrovykh buriakiv [Plant growth regulator "Greinaktiv-S" improves sugar beet seeds]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 3, 50–55 https://doi.org/10.31210/visnyk2018.03.08 [in Ukrainian].

8. Khodanitska, O.O. (2017). Osoblyvosti rostu roslyn buriaka za dii stymuliatoriv rozvytku [Features of beet plant growth under the influence of growth stimulants]. Available at: https://dspace.vspu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/ a4c3f040-fb48-47ac-a998-44ddd21d5246/content [in Ukrainian].

9. Kolupaiev, Yu.Ie., Shakhov, I.V., & Kokorev, O.I. (2023). Praimuvannia nasinnia donoramy hazotransmiteriv i spolukamy z hormonalnoiu aktyvnistiu: rostovi ta stres-protektorni efekty [Seed priming with gasotransmitter donors and compounds with hormonal activity: growth and stress-protective effects*]. Fiziolohiia roslyn i henetyka* [Plant Physiology and Genetics], 55(2), 119–141. https://doi.org/10.15407/frg2023.02.119 [in Ukrainian].

10. Chisa, A. L., Mandizvo, T., Odindo, A., & Mafongoya, P. (2025). Effect of hydropriming on seedling growth of different Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) landraces. *Agronomy*, 15(6), 1301. https://doi.org/10.3390/agronomy15061301

11. Liashenko, V., Sakhno, T., Tryhub, O., & Semenov, A.(2022). Physiological reaction ofplants ofFagopyrum esculentum Moench buckwheat varietiesunder different hydropriming regimes in the early stages of ontogenesis. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (2), 30–38. https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.03

12. Alipor, S., Taghvaei, M., Jalilian, A., Kazemeini, A., & Razi, H. (2019). Hydro-thermal priming enhance seed germination capacity and seedling growth in sugar beet. *Cellular and Molecular Biology*, 65(4), 90–96. https://doi.org/10.14715/cmb/2019.65.4.15

13. Chomontowski, C., Wzorek, H., & Podlaski, S. (2020). Impact of sugar beet seed priming on seed quality and performance under diversified environmental conditions of germination, emergence and growth. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39, 183–189. https://doi.org/10.1007/s00344-019-09973-2

14. Kirizii, D.A. (2023). Praimuvannia ta kros-adaptatsiia roslyn do abiotychnykh stresiv: stan problemy i perspektyvy [Priming and plant cross-adaptation to abiotic stresses: state of the problem and prospects]. Fiziolohiia roslyn i henetyka [Plant Physiology and Genetics], 55(2), 95–118. https://doi.org/10.15407/frg2023.02.095

15. Shokouhian, A., & Omidi, H. (2021). Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) germination indices and physiological properties affected by priming and genotype under salinity stress. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 8(4), 375–386. https://doi.org/10.15835/nbha49312063

16. Derzhstandart Ukrainy (1995). Nasinnia tsukrovykh buriakiv. Metod vyznachennia skhozhosti, odnorostkovosti ta dobroiakisnosti (DSTU 2292-93) [Sugar beet seeds. Method for determining germination, monogermity and quality (DSTU 2292-93)]. Kyiv : Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

17. Fisher, R.A. (2006). Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications, 354.

18. Ermantraut, E.R., Prysiazhniuk, O.I., & Shevchenko, I.L. (2007). Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi STATISTICA 6 : metod. vkazivky [Statistical analysis of agronomic experimental data in the STATISTICA 6 package: Methodological Guidelines.]. Kyiv, 55 [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 25.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 634.11:581.1:631.53
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-128-133



О. В. Полуніна
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри плодівництва і виноградарства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: a.polunina@ukr.net
orcid.org/0000-0002-6618-2789



В. В. Гришаков
аспірант кафедри плодівництва і виноградарства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: skotydoes@gmail.com
orcid.org/0009-0003-2554-0214

АСИМІЛЯЦІЙНА ПОВЕРХНЯ ДЕРЕВ ЯБЛУНІ ЗАЛЕЖНО ВІД ФОРМИ КРОНИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГЕКСАДІОНУ КАЛЬЦІЮ

У статті наведено результати досліджень формування листкового апарату дерев яблуні сорту Пірос на підщепі М.26 залежно від форми крони та застосування регулятора росту прогексадіону кальцію в умовах зрошуваного насадження Правобережного Лісостепу України за 2025–2026 рр. У ході дослідження порівнювали листкові показники дерев з веретеноподібною формою крони та двобічним гюйо за внесення прогексадіону кальцію нормами 0 (абсолютний контроль), 50, 100, 150, 200, 250 (виробничий контроль) і 300 г/га. Встановлено, що форма крони та норма внесення прогексадіону кальцію істотно впливали на площу листкової пластинки, кількість листків, загальну листкову поверхню, товщину листка, вміст хлорофілу та індекс зеленості. За збільшення норми внесення прогексадіону кальцію площа листкової пластинки зменшувалася з 42,0 до 38,1 см² у дерев із веретеноподібною кроною та з 40,8 до 36,5 см² за форми крони двобічне гюйо, а кількість листків і загальна листкова поверхня знижувалися відповідно до 1752 і 1651 листка на дерево та 8,4 і 7,6 тис. м²/га. Водночас застосування прогексадіону кальцію сприяло потовщенню листкової пластинки. У дерев з кроною веретено найтовщі листки (238 мкм) зафіксовано за обприскування прогексадіоном кальцію нормою 300 г/га, а з кроною гюйо (251 мкм) – нормою 250 г/га. Вміст хлорофілу «а» + «б» характеризувався нелінійною залежністю від норми прогексадіону кальцію та досягав максимального значення за внесення 200 г/га. Індекс зеленості зростав до норми 250 г/га, а за внесення 300 г/га – знижувався. Найвищі значення вмісту пігменту зафіксовано у дерев з формою крони гюйо. Отримані результати свідчать про відмінності реакції дерев із веретеноподібною та багатопровідниковою кроною гюйо на різні норми внесення прогексадіону кальцію, що обґрунтовує необхідність урахування форми крони дерев під час застосування регулятора росту рослин.
Ключові слова: *багатопровідникові дерева, гюйо, вміст хлорофілу, індекс зеленості, товщина листка.*

O. V. Polunina
PhD in Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Fruit Growing and Viticulture,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: a.polunina@ukr.net
orcid.org/0000-0002-6618-2789
V. V. Hryshakov
PhD student at the Department of Fruit Growing and Viticulture,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: skotydoes@gmail.com
orcid.org/0009-0003-2554-0214

ASSIMILATORY LEAF SURFACE OF APPLE TREES DEPENDING ON CROWN FORM AND PROHEXADIONE-CALCIUM APPLICATION

The article presents the results of a study on leaf characteristics development in 'Piros' apple trees grafted on M.26 rootstock depending on the training system and application of the plant growth regulator prohexadione-calcium under irrigated orchard conditions in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine in 2025–2026. The study compared leaf characteristics of spindle-trained trees and trees trained in the double Guyot system following the application of prohexadione-calcium at rates of 0 (absolute control), 50, 100, 150, 200, 250 (standard treatment), and 300 g ha⁻¹. The training system and prohexadione-calcium rate

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

significantly affected leaf blade area, leaf number, total leaf area, leaf thickness, chlorophyll content, and the Dark Green Color Index. With increasing prohexadione-calcium rate, leaf blade area decreased from 42.0 to 38.1 cm² in spindle-trained trees and from 40.8 to 36.5 cm² in double Guyot-trained trees, while the number of leaves and total leaf area decreased to 1,752 and 1,651 leaves per tree and 8.4 and 7.6 thousand m² ha⁻¹, respectively. At the same time, prohexadione-calcium application increased leaf thickness. The thickest leaves were recorded in spindle-trained trees (238 μm) following prohexadione-calcium application at a rate of 300 g ha⁻¹, whereas in double Guyot-trained trees, the maximum leaf thickness (251 μm) was recorded at 250 g ha⁻¹. Chlorophyll content showed a nonlinear response to the prohexadione-calcium rate, reaching its maximum at 200 g ha⁻¹. The Dark Green Color Index increased up to the rate of 250 g ha⁻¹ and decreased at 300 g ha⁻¹. The highest chlorophyll content was recorded in double Guyot-trained trees. The results demonstrate differences in the response of spindle-trained and double Guyot-trained trees to different prohexadione-calcium rates, indicating the need to consider the tree training system when determining the application rate of the plant growth regulator.
Key words: *Dark Green Color Index (DGCI), guyot, multi-leader trees, leaf thickness, total leaf area.*

Постановка проблеми. Сучасне промислове плодівництво спрямоване на підвищення продуктивності та якості продукції за раціонального використання ресурсів. Одним із важливих екологічних чинників за вирощування насаджень яблуні є світловий режим крони. Освітленість листкового апарату визначає інтенсивність фотосинтезу, формування генеративних органів, ріст пагонів, розвиток плодів і накопичення сухих розчинних речовин. Конструкція саду безпосередньо впливає на розподіл світла в межах крони дерева.

Веретено та його модифікації, забезпечують достатньо високий рівень перехоплення світла, проте спостерігається затінення нижньої частини крони. Це призводить до зниження інтенсивності фотосинтезу, погіршення формування плодових утворень та зміщення зони плодоношення на периферію дерева. Альтернативою таким конструкціям виступають площинні форми крони, зокрема багатопровідникова гюйо, за якої формують вузьку плодову стіну, що забезпечує більш рівномірний розподіл світла.

Одним із ефективних засобів регулювання інтенсивності вегетативного росту є застосування прогексадіону кальцію, що пригнічує біосинтез гіберелінів та обмежує подовження пагонів. Дослідження ефективності регулятора росту переважно проводилися для традиційних веретеноподібних насаджень. У дерев з кроною гюйо горизонтальне положення вторинних провідників знижує апікальне домінування та стримує ріст пагонів. Враховуючи особливості багатопровідникової конструкції гюйо, постає необхідність встановлення оптимальних норм внесення прогексадіону кальцію, які забезпечуватимуть достатнє регулювання вегетативного росту без надмірного обмеження формування асиміляційної поверхні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження впливу прогексадіону кальцію на продуктивність яблуні мають тривалу історію. Ще у 2003 році італійські вчені встановили, що прогексадіон кальцію позитивно впливає на вміст хлорофілу та зростання чистої продуктивності фотосинтезу [8].

Застосування препарату з прогексадіоном кальцію в насадженнях сортів Гала Роял та Голден Делішес Смузі в умовах Іспанії зумовило зменшення площі листків, проте збільшило їх питому масу. Також зафіксовано зростання вмісту хлорофілу та інтенсивності фотосинтезу, що компенсувало зменшення загальної асиміляційної поверхні [5]. Сучасні дослідження в насадженні сорту Космік Крісп (WA 38) на підщепі M.9 підтвердили підвищення вмісту хлорофілів «a» і «b», хоча істотного впливу регулятора росту на інтенсивність фотосинтезу не встановлено [6].

Дослідження фізіологічних процесів у дерев Фуджі Фубракс на підщепі M.9 T337 в умовах Китаю показали, що застосування прогексадіону кальцію змінювало вміст фітогормонів у листках, зокрема гіберелінів, ауксинів, цитокінінів та абсцизової кислоти, а також активність генів, пов'язаних із метаболізмом гіберелінів [10].

Стефано Музакі зі співавторами (США) вказує, що обробка прогексадіоном кальцію (250 мг/л) дерев з різними формами крони сорту Космік Крісп призводила до зниження довжини міжвузлів та загальної довжини пагонів, а також до підвищення середньої маси плоду [6]. Турецькими вченими встановлено, що застосування концентрації 125 мг/л сприяло зменшенню довжини пагонів на 40–43% та довжини міжвузлів приблизно на 30% без негативного впливу на урожайність та якість плодів сорту Голден Делішес на підщепі M.9 [2]. У молодому насадженні яблуні сорту Гала Сіммонс на підщепі M.9 T337 у Північній Каролині (США) збільшення норми прогексадіону кальцію з 42,5 до 125 мг/л зумовило поступове зменшення інтенсивності росту пагонів і висоти дерев [9]. Дробне застосування прогексадіону кальцію у 16-річному насадженні сортів Гала Максі та Фуджі Супрема на підщепі M.9 у південній Бразилії також зменшувало ріст пагонів, а поєднання з α-нафтилоцтовою кислотою посилювало обмеження вегетативного росту та сприяло покращенню забарвлення плодів, товарної якості, урожайності та формування генеративних утворень наступного року [1].

Серед багатопровідникових конструкцій особливу увагу привертає форма крони гюйо, що створює компактну плодову стіну з кращим рівнем освітлення та високою продуктивністю. Особливості її формування шляхом пригинання центрального провідника можуть зумовлювати іншу реакцію на застосування прогексадіону кальцію порівняно з веретеноподібною кроною, що вимагає спеціальних досліджень.

Метою роботи було встановлення впливу форми крони та застосування прогексадіону кальцію на листковий апарат дерев яблуні сорту Пірос на підщепі M.26.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводили протягом 2025–2026 років

у зрошуваному насадженні яблуні сорту Пірос на підщепі М.26 господарства «Skadi Botanika» Уманського району Черкаської області, що є філіалом кафедри плодівництва і виноградарства Уманського національного університету. Фактор А «форма крони» поєднував два варіанти: веретено та двобічне гюйо. Фактор Б «внесення прогексадіону кальцію» передбачав сім градацій з нормами: 0 (абсолютний контроль), 50, 100, 150, 200, 250 (виробничий контроль) і 300 г/га. Вносили препарат Регаліс Плюс з вмістом діючої речовини 10% по завершенню цвітіння, коли довжина однорічних пагонів досягала 2–5 см (BBCH 69–71). Повторність досліду триразова, варіанти розміщені методом рендомізованих повторень із 5 рослинами на кожній ділянці площею 8 м². Схема садіння 4 х 2 м. Догляд за насадженнями, обліки та спостереження виконували згідно загальноприйнятих технологій та методик [4]. Кількість листків підраховували індивідуально на кожному дереві. Площу листкової пластинки та індекс зеленості (DGCI) визначали мобільним додатком «Petiole Pro» [7], для чого листки відбирали в середині липня із середньої частини однорічних пагонів партіями по 10 шт. з кожної облікової ділянки. Площу загальної листкової поверхні розраховували множенням кількості листків на середню їх площу та щільність розміщення дерев на гектарі. Товщину листкової пластинки визначали приладом «Тургометр – І». Вміст хлорофілу «а» + «б» в листках визначали за методикою описаною З. М. Грицаєнко та співаторами [3]. Витяжку пігменту одержували екстракцією 200 мг подрібнених листків у 20 мл етилового спирту (96%). Оптичну щільність витяжки вимірювали за допомогою спектрофотометра «Ulab 102» на хвилях довжиною 665 і 649 нм. Концентрацію хлорофілу «а» + «б» (мг/л) розраховували за формулою Д. Веттштейна:

$$C_{a+b} = 6{,}10D_{665} + 20{,}04D_{649},$$

де:

D – експериментально одержані величини оптичної щільності за відповідної довжини хвилі.

Статистичну обробку одержаних результатів виконували за допомогою регресійного та дисперсійного аналізів з врахуванням повторних вимірювань у багаторічних насадженнях.

Основні результати дослідження. В ході проведення дослідження встановлено, що форма крони та норма внесення прогексадіону кальцію істотно впливали на листковий апарат дерев яблуні сорту Пірос на підщепі М.26.

Пересічно за 2025–2026 роки площа листка дослідних дерев коливалась в межах 37–42 см² (табл. 1). Зафіксовано, що формування крони двобічне гюйо спричинило істотне зменшення площі листка на 1,6 см² у порівнянні з веретеном. Внесення прогексадіону кальцію також зумовило зменшення листкової пластинки у варіантах з обома формами крони. Ефект посилювався зі збільшенням норми внесення регулятора росту. У варіантах з формою крони двобічне гюйо вплив прогексадіону кальцію був більш вираженим. Зменшення площі листків становило 3–11%. У дерев з кроною веретено внесення регулятора росту знизило значення показника на 3–9%. Одержані результати узгоджуються з попередніми дослідженнями, що вказують на зменшення площі листка під дією прогексадіону кальцію внаслідок інгібування розтягування клітин [5].

Кількість листків на дереві також спадала з підвищенням норми прогексадіону кальцію, проте істотний вплив відмічено лише за внесення 300 г/га для дерев з формою крони веретено та 250 і 300 г/га – з формою крони двобічне гюйо. Формування багатопровідникової крони зумовило істотне зниження рівня облиственості на 7%, порівняно з веретеном.

Загальна листкова поверхня зменшувалась під впливом прогексадіону кальцію з 10,1 до 8,4 тис. м²/га на веретені та з 9,3 до 7,6 тис. м²/га на гюйо ($НІР_{05}$ = *0,9 тис. м²/га*), що вказує на пропорційне скорочення асиміляційної поверхні насадження загалом.

Водночас товщина листка, навпаки, зростала з підвищенням норми прогексадіону кальцію. Внесення 50 та 100 г/га сприяло хоч і неістотному, проте потовщеню листкової пластинки для дерев з обома формами крони. Обробка нормою 150, 200, 250 та 300 г/га забезпечила істотне збільшення значення показника на 13, 18, 22 і 23% для веретена та на 15, 19, 20 і 14% для гюйо, відповідно. Важливо відзначити, що дерева за формування двобічне гюйо мали товщі листки, порівняно з веретеном за всіх норм внесення препарату, що може бути пов'язано з кращим розподілом світла у багатопровідниковій площинній кроні.

Встановлено, що погодні умови 2025 року сприяли підвищенню вмісту хлорофілу «а» + «б» на 3% у порівнянні з 2026 (рис. 1). Формування крони гюйо забезпечило істотне зростання значення показника на 8%, порівняно з веретеном.

Вміст хлорофілу залежно від норми внесення прогексадіону кальцію характеризувався нелінійною залежністю ($y=-0{,}0008048x^2+0{,}3264x+217{,}0$). Квадратична регресійна модель описувала 98,5% варіації усереднених за роками і формами крони значень показника ($R^2 = 0{,}985$; $F(2, 4) = 129{,}17$; $P < 0{,}001$). Коефіцієнт при квадратичному члені був статистично значущим ($\beta = -0{,}0008048$; $t(4) = -10{,}19$; $P < 0{,}001$; 95% ДІ: $-0{,}001024 \ldots -0{,}000586$), що підтверджує криволінійний характер залежності в межах досліджуваних норм внесення. За підвищення норми від 0 до 200 г/га вміст пігменту зростав від 218 до 252 мг/100 г, а за подальшого збільшення норми до 300 г/га – знижувався до 241 мг/100 г.

Індекс зеленості листків змінювався залежно від форми крони та норми прогексадіону кальцію (рис. 2). У роки проведення досліджень за обох форм крони значення показника поступово зростало зі збільшенням норми прогексадіону кальцію від 0 до 250 г/га, а за норми 300 г/га – спостерігалося зниження. Максимальний індекс зеленості зафіксовано за форми крони двобічне

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

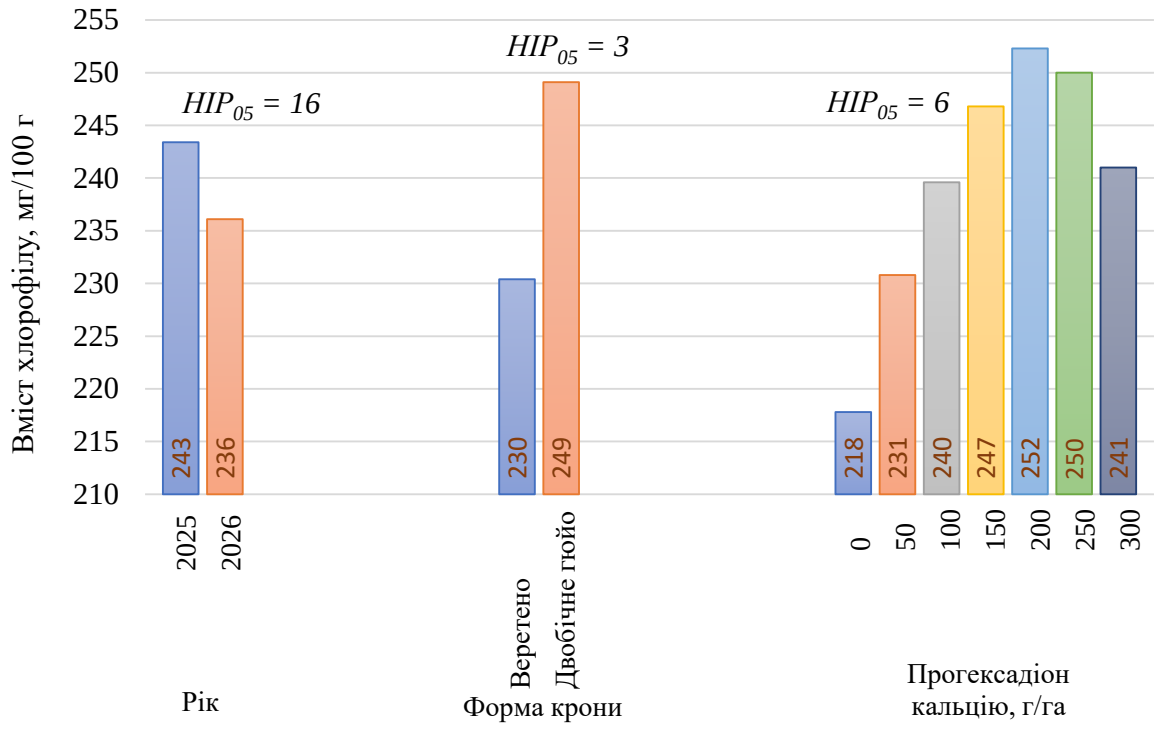


Рис. 1. Вміст хлорофілу «а» + «б» в листках дерев яблуні сорту Пірос на підщепі М.26 залежно від форми крони та застосування прогексадіону кальцію (2025–2026 рр.), мг/100 г сирої маси

Таблиця 1

Листкові показники дерев яблуні сорту Пірос на підщепі М.26 залежно від форми крони та застосування прогексадіону кальцію (2025–2026 рр.)

Форма крони	Внесення прогексадіону кальцію, г/га	Площа листкової пластинки, см²	Кількість листків, шт/дерево	Загальна листкова поверхня, тис. м²/га	Товщина листка, мкм
Веретено	0 (дистильована вода) – абсолютний контроль	42,0	1912	10,1	215
	50	41,6	1941	10,1	220
	100	40,8	1828	9,3	226
	150	40,5	1823	9,2	228
	200	38,8	1834	8,9	233
	250 – виробничий контроль	38,6	1804	8,7	237
	300	38,1	1752	8,4	238
Двобічне гюйо	0 (дистильована вода) – абсолютний контроль	40,8	1819	9,3	231
	50	39,6	1727	8,6	238
	100	38,8	1735	8,4	241
	150	38,5	1724	8,3	246
	200	38,0	1707	8,1	250
	250 – виробничий контроль	37,2	1664	7,8	251
	300	36,5	1651	7,6	245
HIP_{05}		*0,7*	*140*	*0,9*	13

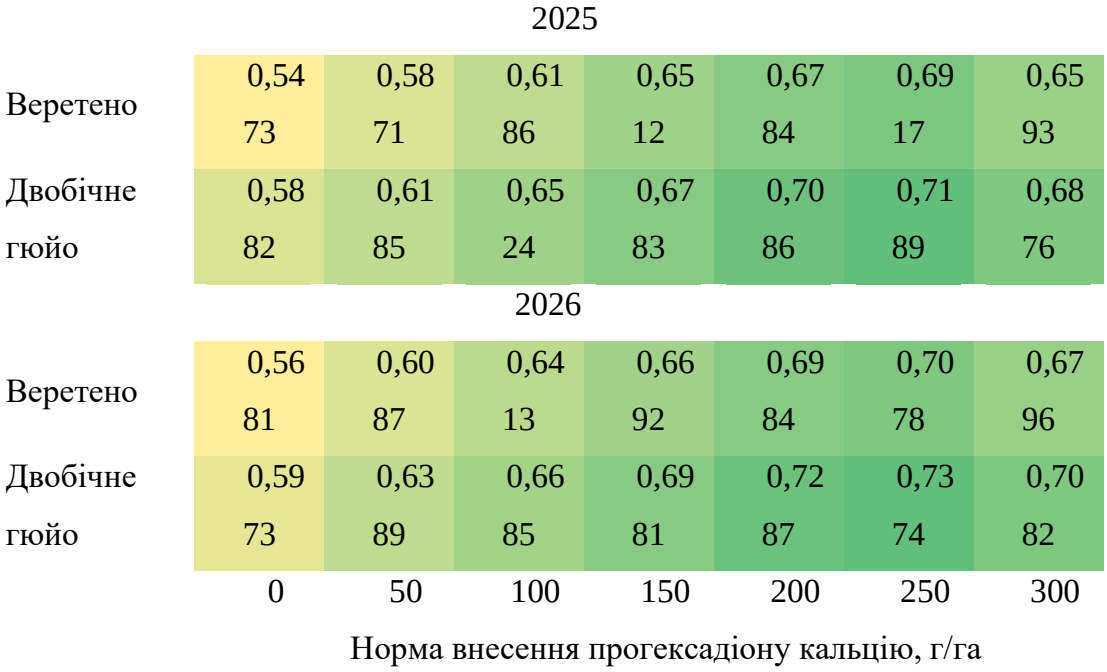


Рис. 2. Індекс зеленості листків яблуні сорту Пірос на підщепі М.26 залежно від форми крони та норми внесення прогексадіону кальцію (для 2025 р. HIP_{05} = 0,0128; для 2026 р. HIP_{05} = 0,0134)

гюйо та норми прогексадіону кальцію 250 г/га, що на 22 та 24% перевищував значення абсолютного контролю. За однакових норм прогексадіону кальцію індекс зеленості листків на деревах із кроною двобічне гюйо був вищим, ніж за веретеноподібної крони. Різниця між формами крони становила 0,0271–0,0409 у 2025 та 0,0272–0,0303 – у 2026 році, що перевищувало відповідні значення HIP_{05}.

Висновки.

1. Встановлено, що збільшення норми внесення прогексадіону кальцію від 0 до 300 г/га призводить до зменшення площі листкової пластинки (на 9,3% у веретена та 10,5% у гюйо), кількості листків (на 9,7% та 9,2%, відповідно) та загальної листкової поверхні на гектар (з 10,1 до 8,4 тис. м²/га у веретена та з 9,3 до 7,6 тис. м²/га у гюйо).

2. Товщина листка, навпаки, зростає з підвищенням норми внесення прогексадіону кальцію. У дерева з формою крони гюйо спостерігалось потовщення листків, порівняно з веретеном, за всіх норм внесення регулятора росту, що зумовлено кращим рівнем освітлення.

3. Вміст хлорофілу та індекс зеленості досягли максимальних значень за норми внесення прогексадіону кальцію 200–250 г/га. За збільшення норми до 300 г/га спостерігалося незначне зниження порівняно з максимумом. Найвищі показники зафіксовано у варіанті з кроною гюйо, що свідчить про кращі умови для формування фотосинтетичного апарату в площинних багатопровідникових насадженнях.

4. Зафіксовано різну реакцію листкового апарату дерев яблуні сорту Пірос на підщепі М.26 із кронами веретено та двобічне гюйо на норми внесення прогексадіону кальцію. Це вказує на необхідність уточнення норми регулятора росту рослин для дерев з площиною багатопровідниковою формою крони.

Подяки. Автори висловлюють подяку Заріцькому М. І. за організаційну підтримку та сприяння у проведенні польових досліджень.

Фінансування дослідження. Автори заявляють, що дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Відсутній.

Авторський внесок.

Полуніна О. В.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; розробка програмного забезпечення; валідація відтворюваності результатів; забезпечення ресурсами та обладнанням; підготовка рукопису – перегляд і редагування; наукове керівництво; адміністрування процесу.

Гришаков В. С.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; валідація відтворюваності результатів; аналіз даних; проведення експерименту; забезпечення ресурсами та обладнанням; управління даними; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування; графічне представлення результатів; залучення фінансування.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ-асистовані технології не використовувалися.

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

References

1. Andrade Júnior, R. B. d., Zanrosso, A., Baldissera, S., Felix Dias, A., Ribeiro, J. d. C., Tamiris Canossa, A., Gris, T., Holtrup Wolff, R., Petry Rufato, D., Dalazen Machado, B., & Rufato, L. (2026). Optimizing vegetative growth and yield in apple trees through split applications of prohexadione–calcium, ethephon, and NAA. *Agriculture, 16*(13), 1378. https://doi.org/10.3390/agriculture16131378

2. Atay, A. N., & Koyuncu, F. (2024). Impact of repeated yearly applications of prohexadione-calcium on vegetative and reproductive growth of 'Golden Delicious'/M.9 apple trees. *Elsevier*. https://doi.org/10.1515/johr-2017-0005

3. Hrytsaienko, Z. M., Hrytsaienko, A. O., & Karpenko, V. P. (2003). *Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i gruntiv* [Methods of biological and agrochemical studies of plants and soils]. Nichlava. 316 p. [in Ukrainian].

4. 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].

5. Medjdoub, R., Zavalon, A., Val, J., & Blanco, A. (2007). Physiological effects of prohexadione-calcium in apple trees: Effects on parameters related to photoproductivity. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82(1), 126–132. https://doi.org/10.1080/14620316.2007.11512209

6. Musacchi, S., Sheick, R., Mia, M. J., & Serra, S. (2023). Studies on physiological and productive effects of multi-leader training systems and Prohexadione-Ca applications on apple cultivar 'WA 38'. *Scientia Horticulturae*, 312, 111850. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111850

7. Polunina, O. V., Maiboroda, V. P., & Seleznov, A. Y. (2018). Evaluation methods of estimation of young apple trees leaf area. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*, (2), 80-82. https://doi.org/10.31395/2310-0478-2018-21-80-82

8. Sabatini, E., Noferini, M., Fiori, G., Corelli Grappadelli, L., & Costa, G. (2003). Prohexadione-Ca positively affects gas exchanges and chlorophyll content of apple and pear trees. *European Journal of Horticultural Science*, 68(3), 123–128. https://doi.org/10.1079/ejhs.2003/10287

9. Vogel, A. R., Villani, S., & Kon, T. M. (2025). Prohexadione-calcium and acibenzolar-S-methyl effects and interactions I: Vegetative growth management in a young North Carolina apple orchard. *HortScience, 60*(10), 1714–1724. https://doi.org/10.21273/HORTSCI18807-25

10. Wang, L., Song, Y., Chen, F., Kang, D., & Zhang, L. (2021). *Effect of prohexadione-calcium on the shoot growth, fruits, endogenous hormones and expression of GA-related genes in 'Fuji' apple (Malus domestica Borkh.)* [Preprint]. Research Square. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-479683/v1

Дата першого надходження статті до видання: 13.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 633.34:631.461.5:581.132
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-134-139



Н. В. Пулик
аспірант кафедри екології,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: nazarpulyk7@gmail.com
orcid.org/0009-0006-8158-4272

ВПЛИВ ПРЕПАРАТІВ БУЛЬБОЧКОВИХ БАКТЕРІЙ НА НАКОПИЧЕННЯ ПІГМЕНТІВ У ЛИСТКАХ СОЇ

У статті наведено результати дослідження впливу передпосівної бактеризації насіння сої (Glycine max (L.) Merr.) мікробними препаратами на основі бульбочкових бактерій на активність нагоромадження фотосинтетичних пігментів у листках культури. Актуальність дослідження зумовлено необхідністю пошуку ефективних агротехнологічних прийомів біологізації вирощування сої, спрямованих на підвищення ефективності використання біологічного азоту, оптимізацію функціонування фотосинтетичного апарату та зменшення залежності 2024–2026 рр. на базі дослідних ділянок Уманського національного університету. Вивчали ефективність передпосівної обробки насіння препаратами Різолік, Ризоактив, Різофікс та Оптімайз 400 у посівах сої сорту Медея. Контрольним варіантом слугувало передпосівне замочування насіння у воді. Вміст хлорофілу a, хлорофілу b, їх суми та каротиноїдів визначали у листках рослин у фазі цвітіння спектрофотометричним методом. Встановлено, що передпосівна бактеризація насіння забезпечувала істотне підвищення вмісту основних фотосинтетичних пігментів у порівнянні з контролем. Зокрема, у 2024 році вміст хлорофілу a зростав із 2,06 мг/г у контролі до 2,34–2,53 мг/г у варіантах із використанням мікробних препаратів, а сума хлорофілів зростала від 2,80 до 3,10–3,38 мг/г сирої речовини відповідно. Максимальні значення за більшістю досліджуваних показників відмічено у разі проведення передпосівної бактеризації насіння сої препаратом Оптімайз 400. Аналогічна закономірність простежувалася у 2025 році, хоча загальний рівень накопичення пігментів був дещо нижчим, що пов'язано з менш сприятливими умовами вегетації. Найвищі показники щодо вмісту фотосинтетичних пігментів отримано у 2026 році, що свідчить про залежність ефективності формування фотосинтетичного апарату не лише від застосування інокулянтів, а й від погодних умов. Також зростання вмісту каротиноїдів у листках у дослідних варіантах може свідчити про посилення фотопротекторного потенціалу та адаптивних можливостей рослин. Отримані результати підтверджують перспективність використання мікробних препаратів з метою оптимізації фотосинтетичної діяльності сої та підвищення ефективності технології її вирощування. Передпосівна бактеризація насіння може розглядатися як агрономічно доцільний метод, здатний забезпечувати активне формування фотосинтетичного апарату культури та ефективнішого використання ресурсів посівів.
Ключові слова: *соя, передпосівна бактеризація, мікробні препарати, ризобії, пігменти, хлорофіл, каротиноїди.*

N. V. Pulyk
PhD student at the Department of Ecology,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: nazarpulyk7@gmail.com
orcid.org/0009-0006-8158-4272

THE EFFECT OF NODULE-FORMING BACTERIA PREPARATIONS ON PIGMENT ACCUMULATION IN SOYBEAN LEAVES

This article presents the results of a study on the effect of pre-sowing bacterization of soybean (Glycine max (L.) Merr.) seeds with microbial preparations based on nodule bacteria on the accumulation of photosynthetic pigments in the plant's leaves. The relevance of this study stems from the need to identify effective agrotechnological methods for the biological management of soybean cultivation, aimed at improving the efficiency of biological nitrogen utilization, optimizing the functioning of the photosynthetic apparatus, and reducing dependence on chemical fertilizers. The research was conducted from 2024 to 2026 at experimental plots of Uman National University. The effectiveness of pre-sowing seed treatment with the preparations Rizolik, Rizoaktiv, Rizofix, and Optimize 400 was studied in crops of the Medea soybean variety. Pre-sowing seed soaking in water served as the control treatment. The content of chlorophyll a, chlorophyll b, their sum, and carotenoids was determined in plant leaves during the flowering stage using a spectrophotometric method. It was found that pre-sowing bacterial treatment of seeds resulted in a significant increase in the content of major photosynthetic pigments compared to the control. Specifically, in 2024, the chlorophyll a content increased from 2,06 mg/g in the control to 2,34–2.53 mg/g in the treatments using microbial preparations, while the total chlorophyll content increased from 2,80 to 3,10–3,38 mg/g of fresh weight, respectively. The highest values for most of the studied indicators were observed when soybean seeds were pre-sown with the Optimize 400 preparation. A similar pattern was observed in 2025, although the overall level of pigment accumulation was slightly lower, which was due to less favorable growing conditions. The highest values for photosynthetic pigment content were obtained in 2026, indicating that the efficiency of photosynthetic apparatus formation depends not only on the use of inoculants but also on weather conditions. Furthermore, the increase in carotenoid content in the leaves of the experimental treatments may indicate an enhancement of the plants' photoprotective potential and adaptive capabilities. The results obtained confirm the potential of

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

using microbial preparations to optimize photosynthetic activity in soybeans and improve the efficiency of soybean cultivation. Pre-sowing seed inoculation can be considered an agronomically sound method capable of promoting the active development of the crop's photosynthetic apparatus and more efficient use of crop resources.
Key words: *soybeans, pre-sowing bacterial inoculation, microbial preparations, rhizobia, pigments, chlorophyll, carotenoids.*

Постановка проблеми. Нинішній розвиток аграрного виробництва спрямовано на поступову біологізацію технологій вирощування провідних сільськогосподарських культур, що передбачає зниження залежності від внесення мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин, підвищення ефективності використання природних ресурсів та активніше залучення корисних сапрофітних мікроорганізмів у систему «ґрунт–мікроорганізми–рослина» [1, 2]. При вирощуванні сої одним із найбільш перспективних напрямів реалізації вищенаведеного є передпосівна інокуляція насіння мікробними препаратами, насамперед ризобіальними інокулянтами на основі бактерій роду *Bradyrhizobium*. Для сої це має вирішальне значення, оскільки симбіоз із бульбочковими бактеріями забезпечує біологічну фіксацію молекулярного азоту та, відповідно, знижує потребу культури в азотному живленні за рахунок мінеральних добрив [3, 4]. Тому передпосівна інокуляція насіння є не лише агротехнічним прийомом підвищення продуктивності, а й одним із практичних інструментів біологізації технології вирощування культури [5].

Доцільність даного заходу зумовлено можливістю збільшення частки саме біологічного азоту у живленні рослин. Це принципово важливо, оскільки надмірне використання мінеральних азотних добрив зумовлює підвищення ризику вимивання нітратів, евтрофікації водних екосистем, емісії оксиду азоту та порушення природного балансу ґрунтового азоту. Тому ефективна ризобіальна інокуляція може розглядатися як один із механізмів зниження ресурсомісткості та хімічного навантаження при вирощуванні сої [6, 7].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Низка експериментальних досліджень свідчить, що ефект передпосівної інокуляції біопрепаратами мікробного походження не обмежується лише активізацією формуванням бульбочок. Так, зокрема, M. N. O. Reis з співавторами [8] встановили, що мікробна інокуляція сої покращує ріст, мінеральне живлення та фізіологічний стан рослин культури. Відмічено також зміну показників фотосинтетичної діяльності та вмісту фотосинтетичних пігментів, що свідчить про можливість опосередкованого впливу речовин, продукованих мікроорганізмами, на функціонування фотосинтетичного апарату, зокрема, завдяки покращенню забезпечення рослин елементами живлення. Тобто біологічна фіксація молекулярного азоту та рістимулювальні речовини, продуковані мікроорганізмами, можуть формувати комплексний ефект, який проявляється не лише на рівні кореневої системи, а й у надземній частині рослин.

Важливим показником такого впливу є зміна у накопиченні фотосинтетичних пігментів. Хлорофіли є центральними компонентами фотосинтетичного апарату, тому їх вміст може характеризувати потенціал фотосинтетичної асиміляції та загальний функціональний стан листкового апарату [9, 10]. У свою чергу каротиноїди володіють фотопротекторною й антиоксидантною функціями, беручи участь у поглинанні високоактивної сонячної енергії та захисті фотосистем від окисного пошкодження. Саме тому зміни співвідношення та накопичення хлорофілів і каротиноїдів можуть бути інформативними показниками фізіологічної ефективності мікробної інокуляції [11].

Безпосередній зв'язок між передпосівною обробкою насіння сої та нагромадженням фотосинтетичних пігментів продемонстровано у дослідженні M. A. Khan з співавторами [12], де за умов інокуляції сої ризобактеріями авторами відмічено збільшення загального вмісту хлорофілу, хлорофілів *a* і *b* та каротиноїдів порівняно з неінокульованими рослинами у контрольному варіанті досліду. Також бактеризація насіння сприяла зниженню прояву окисного стресу та перекисного окиснення ліпідів. Отримані результати мають важливе значення, оскільки демонструють можливість використання мікроорганізмів для підтримання фотосинтетичного апарату рослин за несприятливих умов без додаткового хімічного навантаження на агроекосистему.

Іншими дослідженнями виявлено позитивний вплив *Pseudomonas pseudoalcaligenes* та *Bacillus subtilis* на фізіологічний стан сої. Встановлено, що бактеріальна інокуляція насіння сприяла збереженню вмісту хлорофілів та накопиченню каротиноїдів, що супроводжувалося зростанням стійкості рослин до стресових чинників. Ці дані демонструють можливість використання мікробних препаратів як заходу підвищення адаптивного потенціалу агроценозу, особливо за умов посилення абіотичних стресів у сучасних умовах [13].

Особливо показовими для обґрунтування дії ризобіальних інокулянтів є результати L. G. Moretti з співавторами [14], які вказують, що застосування біопрепаратів мікробного походження на основі бактерій родів *Bradyrhizobium* та *Azospirillum* покращувало фізіологічний стан сої та знижувало оксидативне пошкодження рослин за умов короткочасних посушливих періодів. Також обробка даними препаратами насіння супроводжувалося підвищенням вмісту хлорофілу *a*, хлорофілу *b*, відповідно суми хлорофілів, та каротиноїдів. Таким чином, симбіотичні та асоціативні мікроорганізми можуть одночасно підтримувати азотне живлення, фотосинтетичну активність та антиоксидантний захист рослин.

Перспективність використання мікробних препаратів підтверджується також іншими роботами. Зокрема, при дослідженні ко-інокуляції *Pseudomonas chlororaphis* H1 та *Bacillus altitudinis* Y1 виявлено покращення росту сої та зростання вмісту фотосинтетичних пігметів у листках.

Водночас ко-інокуляція сприяла формуванню ефективного мікробіому ризосфери, що є важливим з точки зору біологізації агровиробництва, оскільки ефективність мікробного препарату може визначатися не тільки безпосередньою взаємодією з рослиною, але й здатністю впливати на функціонування ґрунтової мікробіоти [15].

За іншими даними, комбіноване застосування *Bradyrhizobium japonicum* та *Enterobacter* супроводжувалося підвищенням вмісту хлорофілу *a*, зниженням концентрації малонового диальдегіду та пероксиду водню, а також активним ростом рослин. Це свідчить, що підтримання високого рівня фотосинтетичних пігментів може бути пов'язане не тільки з покращенням живлення, а й зі зменшенням інтенсивності окисного пошкодження клітинних структур [16].

Окремий напрям сучасних досліджень становить саме праймування насіння перед сівбою. Дослідженнями виявлено, що передпосівне праймування насіння сої бактеріями дещо нівелювало негативний вплив стресових чинників. Досліджені препарати характеризувалися комплексом властивостей, пов'язаних зі стимуляцією росту рослин, здатністю продукувати фітогормональні сполуки, тому обробка ними насіння сприяла активному росту рослин, накопиченню осмотично активних сполук та зростанню активності антиоксидантних ферментів [17].

Також цікаві результати стосовно передпосівної обробки насіння мікробними препаратами отримано іншими авторами. Так, при дослідженні впливу препаратів на основі *Bacillus megaterium* та *Bradyrhizobium japonicum*, виявлено їх позитивний вплив на схожість, розвиток кореневої та надземної частин рослин [18].

Метою статті є вивчення ефективності дії передпосівної бактеризації насіння сої препаратами бульбочкових бактерій (Різолік, Ризоактив, Різофікс та Оптімайз 400) на накопичення хлорофілу *a*, хлорофілу *b*, суми хлорофілів (*a*+*b*) та каротиноїдів.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження за даною тематикою виконувалися у 2024–2026 рр. на баз використанням лабораторій та дослідних ділянок кафедри екології Уманського національного університету та кафедри агробіології та біохімії. Ефективність препаратів досліджували на сої сорту Медея. Дослід закладали у чотириразовій повторності із систематичним розташуванням ділянок. Схема досліду: Контроль (передпосівне замочування насіння водою); Різолік (3,0 л/т); Ризоактив (1,0 л/т); Різофікс (4,0 кг/т); Оптімайз 400 (1,8 л/т).

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий з вмістом гумусу 3,5% та pH 6,2. Вміст рухомих сполук фосфору – 88 мг/кг, калію – 132 мг/кг (за Чириковим), легкогідролізованого азоту – 103 мг/кг (за Корнфілдом).

З метою визначення вмісту фотосинтетичних пігментів наважку свіжого листя сої у 100 мг, відібраного з верхнього ярусу ретельно розтирали у фарфоровій ступці з охолодженим 96%-м етиловим спиртом (у пропорції 1:10).

1 мл отриманої маси піддавали центрифугуванню впродовж 5 хвилин при 8000 об/хв та температурі 4 °С. Залишковий осад послідовно промивали чистим спиртом до повного знебарвлення та повторно центрифугували за тих самих умов. Усі отримані фракції об'єднували в один фінальний екстракт, що містив сумарну фракцію зелених і жовтих пігментів.

Спектрофотометричний аналіз витяжки проводили на приладі Leki SS1104 проти контролю (96%-й етиловий спирт). Оптичну густину розчину вимірювали за довжин хвиль, що відповідають пікам поглинання пігментів у спиртовому середовищі. Розрахунок концентрації речовин здійснювали за відповідними калібрувальними формулами для даного розчинника відповідно до методики [19]. Статистичну обробку отриманих данихвиконували у середовищі MS Excel.

Основні результати дослідження. Експериментальні дані, отримані у 2024 році, засвідчили високу ефективність передпосівної інокуляції насіння сої мікробними препаратами, що забезпечує істотне зростання вмісту основних груп фотосинтетичних пігментів у листках рослин у фазі цвітіння у порівнянні з контрольним варіантом досліду. Аналіз динаміки накопичення пігментів виявив чітку закономірність зростання вмісту фотосинтетичних пігментів за дії досліджуваних біопрепаратів.

Зокрема, вміст хлорофілу *a* збільшився в усіх дослідних варіантах, від 2,34 мг/г сирої речовини у варіанті з Різоліком до найвищого значення за дії Оптімайз 400, де цей показник сягнув 2,53 мг/г проти 2,06 мг/г у контролі (при $НІР_{05}$ = 0,05) (рис. 1).

Аналогічна тенденція щодо вмісту пігменту простежувалася і для хлорофілу *b*, вміст якого за показника у контролі в 0,74 мг/г зріс до 0,76 мг/г у варіанті з Різоліком та досяг значення у 0,85 мг/г за обробки насіння препаратом Оптімайз 400 (при $НІР_{05}$=0,03). Сума хлорофілів (*a*+*b*) перевищувала показники контрольного варіанту досліду (2,80 мг/г) на 10,7–20,7% залежно від варіанту досліду: Різолік (3,10 мг/г); Ризоактив (3,23 мг/г); Різофікс (3,30 мг/г); Оптімайз 400 (3,38 мг/г) при $НІР_{05}$ = 0,07.

Важливим є також інтенсифікація синтезу каротиноїдів у листках сої за проведення інокуляції насіння культури, їх вміст зріс від 0,41 мг/г у контролі до 0,44–0,56 мг/г у дослідних варіантах при $НІР_{05}$ = 0,03.

Така залежність пігментоутворення від дії біопрепаратів вказує на оптимізацію функціонування фотосинтетичного апарату сої за рахунок покращення симбіотичного азотного живлення рослин мікроорганізмами. Схожі результати отримано й іншими дослідженнями, які експериментально підтверджують, що передпосівна обробка насіння мікробними препаратами крім активізації розвитку бульбочкових бактерій закладає підґрунтя більш активного накопичення основних фотосинтетичних пігментів [20].

Крім того, суттєве накопичення каротиноїдів підвищує адаптивність та стресостійкість посівів.

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Таким чином, передпосівна інокуляція є екологічно доцільним агроприйомом, який мінімізує хімічне навантаження на ґрунт, зберігає природну мікробіоту та дозволяє біологізувати технологію вирощування бобових культур [21].

Результати досліджень, отримані у 2025 році, підтвердили ефективність передпосівної бактеризації насіння сої досліджуваними мікробними препаратами, виявивши закономірність формування фотосинтетичного апарату у фазі цвітіння, аналогічну 2024 року.

Тут зростання вмісту зелених пігментів щодо контролю у 2025 році складало від 12,0% у варіанті досліду із застосуванням для інокуляції насіння сої препарату Різолік до 21,9% за використання Оптімайзу 400 (рис. 2).

Щодо показника співвідношення хлорофілів *a/b*, то воно було в межах 2,98–3,11 для дослідних варіантів проти 2,78–2,79 у контролі. Це свідчить про формування більш потужних фотосистем під впливом покращеного симбіотичного азотного живлення.

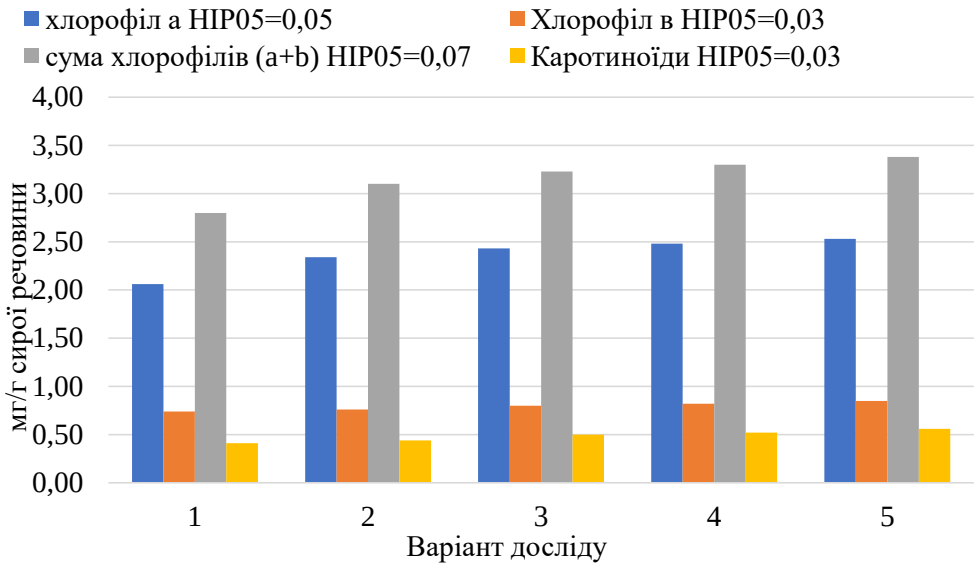


Рис. 1. Вміст пігментів у листках сої за інокуляції насіння мікробними препаратами у фазі цвітіння 2024 р. (1. Обробка насіння водою (контроль); 2. Різолік; 3. Ризоактив; 4. Різофікс; 5. Оптімайз 400)

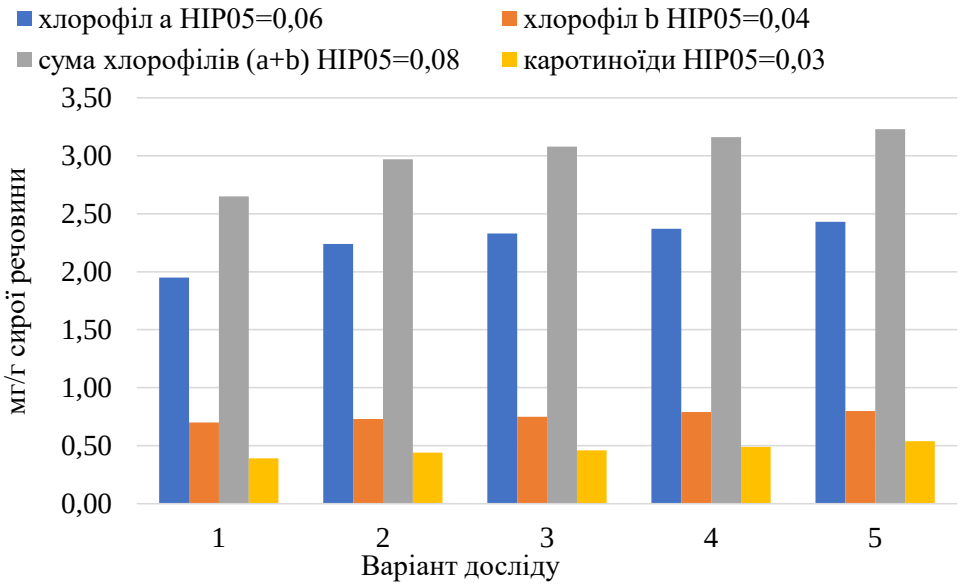


Рис. 2. Вміст пігментів у листках сої за інокуляції насіння мікробними препаратами у фазі цвітіння 2025 р. (1. Обробка насіння водою (контроль); 2. Різолік; 3. Ризоактив; 4. Різофікс; 5. Оптімайз 400)

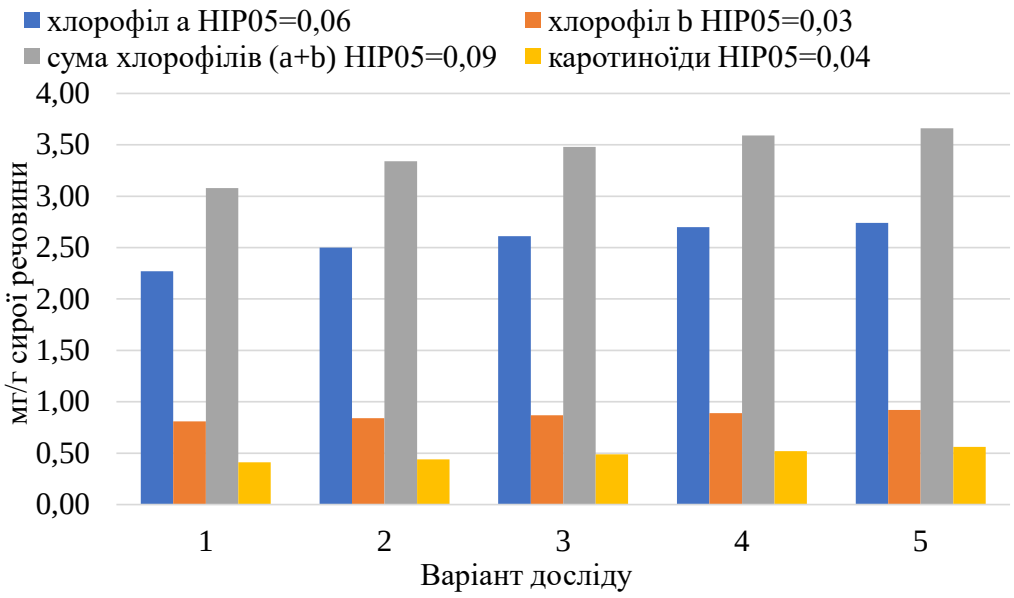


Рис. 3. Вміст пігментів у листках сої за інокуляції насіння мікробними препаратами у фазі цвітіння, 2026 р. (1. Обробка насіння водою (контроль); 2. Різолік; 3. Ризоактив; 4. Різофікс; 5. Оптімайз 400)

Також досить високою залишалася динаміка накопичення каротиноїдів, максимальний вміст яких у 2025 році також відмічено за дії препарату Оптімайз 400 – на 0,15 мг/г сирої речовини вище контролю.

Результати, отримані у фазі цвітіння 2026 року, продемонстрували найвищий за всі роки досліджень вміст основних фотосинтетичних пігментів, підтвердивши високу ефективність мікробної інокуляції насіння. Так, у контрольному варіанті вміст суми хлорофілів був на рівні у 3,08 мг/г, а каротиноїдів – 0,41 мг/г, що суттєво перевищує показники, отримані у менш сприятливі 2024 та 2025 роки. Передпосівна бактеризація насіння сої забезпечила подальше зростання у порівнянні з контролем суми хлорофілів на 8,4–18,8% залежно від варіанту досліду.

Динаміка вмісту каротиноїдів у 2026 році була також аналогічною попереднім рокам і їх вміст зростав від 0,41 у контролі до 0,44–0,56 мг/г сирої речовини у дослідних варіантах (рис. 3).

Висновки. Таким чином, передпосівна інокуляція насіння сої досліджуваними мікробними препаратами ефективно сприяла зростанню вмісту фотосинтетичних пігментів у листках рослин у порівнянні з контролем. Найвищу ефективність у щодо нагромадження вмісту фотосинтетичних пігментів відмічено у разі застосування препарату Оптімайз 400. Також вміст пігментів залежав від погодних умов року дослідження, про що свідчать найвищі досліджувані показники, отримані у 2026 році. Загалом, отримані результати підтверджують ефективність мікробної інокуляції насіння як агротехнологічного прийому біологізації технології вирощування сої.

Подяки. Автор висловлює вдячність Уманському національному університету за надання польової та лабораторної бази, а також організаційної підтримки під час проведення наукового дослідження.

Фінансування дослідження. Дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Відсутній.

Авторський внесок. Пулик Н. В.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; забезпечення ресурсами та обладнанням; підготовка рукопису.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки цього рукопису використовувався ChatGPT з метою впорядкування списку літератури.

References

1. Hryhorieva, O.M., Cheriachukin, M.I., & Almaieva, T.M. (2020). Tekhnolohiia vyroshchuvannia soi z elementamy biolohizatsii v umovakh ryzykovanoho zemlerobstva Pravoberezhnoho Stepu Ukrainy [Biologized technology of soybean growing under conditions of risky agriculture of the Right-Bank Steppe of Ukraine]. *Zernovi Kultury*, 4(1), 87–95. https://doi.org/10.31867/2523-4544/0110 [in Ukrainian].

2. Tytova, L.V., & Dubinska, O.D. (2020). Produktyvnist sortiv soi zalezhno vid inokuliatsii nasinnia bulbochkovymy y endofitnymy bakteriiamy v umovakh zroshennia Pivdennoho Stepu Ukrainy [Productivity of soybean varieties depending on seed inoculation with nodule and endophytic bacteria under irrigation conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Peredhirne ta Hirske Zemlerobstvo i Tvarynnytstvo*, 67(2). 228–239. https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-15 [in Ukrainian].

3. Vorobei, N.A., Kukol, K.P., Pukhtaievych, P.P., & Kots, S.Ia. (2023). Kompleksna inokuliatsiia soi bulbochkovymy bakteriiamy *Bradyrhizobium japonicum*

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

yak zasib optymizatsii symbiotychnoi azotfiksatsii [Complex inoculation of soybean with nodule bacteria *Bradyrhizobium japonicum* as a means of optimizing symbiotic nitrogen fixation]. *Silskohospodarska Mikrobiolohiia*, 38, 29–39. https://doi.org/10.35868/1997-3004.38.29-39 [in Ukrainian].

4. Kukol, K.P., Vorobei, N.A., Pukhtaievych, P.P., & Kots, T.A. (2024). Efektyvnist zavchasnoi inokuliatsii nasinnia soi stiikymy do funhitsydiv ryzobiiamy ta obrobky protruinykamy [Efficiency of early inoculation of soybean seeds with fungicide-resistant rhizobia and treatment with seed dressing agents]. *Fiziolohiia Roslyn i Henetyka*, 56(1), 74–86. https://doi.org/10.15407/frg2024.01.074 [in Ukrainian].

5. Kozar, S.F., Pyshchur, I.M., & Nesterenko, V.M. (2015). Vplyv *Bradyrhizobium japonicum* i *Azospirillum brasilense* na vertykalnu mihratsiiu spoluk biohennykh elementiv za vyroshchuvannia soi [The influence of *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense* on the vertical migration of biogenic element compounds under soybean cultivation]. *Silskohospodarska Mikrobiolohiia*, 21, 39–43. https://doi.org/10.35868/1997-3004.21.39-43 [in Ukrainian].

6. Sharma, P., Bhatt, A., & Kanwar, R. (2022). Influence of seed biopriming with microbial inoculants on seed quality parameters in soybean (*Glycine max* [L.] Merril). *Legume Research*, 45(9), 1171–1177. https://doi.org/10.18805/LR-4318

7. Fiuza, D.A.F., Vitorino, L.C., Souchie, E.L., et al. (2022). Effect of rhizobacteria inoculation via soil and seeds on *Glycine max* L. plants grown on soils with different cropping history. *Microorganisms*, 10(4), 691. https://doi.org/10.3390/microorganisms10040691

8. Reis, M.N.O., Vitorino, L.C., Lourenço, L.L., & Bessa, L.A. (2022). Microbial inoculation improves growth, nutritional and physiological aspects of *Glycine max* (L.) Merr. *Microorganisms*, 10(7), 1386. https://doi.org/10.3390/microorganisms10071386

9. Hadzovskyi, H.L., Novytska, N.V., & Martynov, O.M. (2019). Vmist khlorofilu v lystkakh roslyn ta urozhainist soi za vnesennia khelatnykh mikrodobryv [Chlorophyll content in plant leaves and soybean yield under the application of chelated micronutrient fertilizers]. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 105, 34–38. https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/105_2019/105_2019.pdf?utm_source [in Ukrainian].

10. Chaika, T.O., & Korotkova, I.V. (2025). Vplyv peredposivnoi obrobky nasinnia soi biopreparatamy na vmist fotosyntetychnykh pihmentiv i vrozhainist za umov nestiikoho zvolozhennia y orhanichnoho zemlerobstva [Effect of pre-sowing treatment of soybean seeds with biopreparations on photosynthetic pigment content and yield under unstable moisture conditions and organic farming]. *Ahrobiolohiia*, 1, 188–198. https://doi.org/10.33245/2310-9270-2025-195-1-188-198 [in Ukrainian].

11. Huliaieva, H.B., Zhytkevych, N.V., Hnatiuk, T.T., et al. (2023). Physiological and biochemical changes in soybean plants caused by iodine-selenium chelates and phytopathogenic bacteria. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*, 85(2), 13–25. https://doi.org/10.15407/microbiolj85.02.013

12. Khan, M.A., Sahile, A.A., Jan, R., et al. (2021). Halotolerant bacteria mitigate the effects of salinity stress on soybean growth by regulating secondary metabolites and molecular responses. *BMC Plant Biology*, 21, 176. https://doi.org/10.1186/s12870-021-02937-3

13. Yasmin, H., Naeem, S., Bakhtawar, M., et al. (2020). Halotolerant rhizobacteria *Pseudomonas pseudoalcaligenes* and *Bacillus subtilis* mediate systemic tolerance in hydroponically grown soybean (*Glycine max* L.) against salinity stress. *PLoS ONE*, 15(4), e0231348. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231348

14. Moretti, L.G., Crusciol, C.A.C., Bossolani, J.W., et al. (2021). Beneficial microbial species and metabolites alleviate soybean oxidative damage and increase grain yield during short dry spells. *European Journal of Agronomy*, 127, 126293. https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126293

15. Zhang, W., Mao, G., Zhuang, J., & Yang, H. (2023). The co-inoculation of *Pseudomonas chlororaphis* H1 and *Bacillus altitudinis* Y1 promoted soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] growth and increased the relative abundance of beneficial microorganisms in rhizosphere and root. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1079348. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1079348

16. Agha, M.S., Haroun, S.A., Abbas, M.A., et al. (2023). Growth and metabolic response of *Glycine max* to the plant growth-promoting *Enterobacter Delta* PSK and *Bradyrhizobium japonicum* under salinity stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 42, 5816–5830. https://doi.org/10.1007/s00344-023-10967-4

17. Dubey, A., Ahmad, M., Kumar, A., et al. (2024). Seed bio-priming with ACC deaminase-producing bacterial strains alleviates impact of drought stress in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Rhizosphere*, 30, 100873. https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2024.100873

18. Tamindžić, G., Miljaković, D., Ignjatov, M., et al. (2024). Impact of simultaneous nutrient priming and biopriming on soybean seed quality and health. *Plants*, 13(18), 2557. https://doi.org/10.3390/plants13182557

19. Bessonova, V.P. (2006). *Praktykum z fiziolohii roslyn* [Practical course in plant physiology]. Dnipropetrovsk: RVV DDAU, 316. https://dspace.dsau.dp.ua/items/a9db9b8b-aa28-4a25-99e5-e90de410d8d2 [in Ukrainian].

20. Novytska, N.V., & Dzhemesiuk, O.V. (2017). Formuvannia urozhainosti soi pid vplyvom inokuliatsii ta pidzhyvlennia [Formation of soybean yield under the influence of inoculation and fertilization]. *Visnyk Poltavskoi DerzhavnoiAhrarnoiAkademii*, 1–2, 43–47. https://doi.org/10.31210/visnyk2017.1-2.09 [in Ukrainian].

21. Pyda, S.V., Chernik, I.V., & Tryhuba, O.V. (2024). Dynamika vmistu fotosyntetychnykh pihmentiv u lystkakh *Cicer arietinum* L. za vplyvu bakterialnykh preparativ [Dynamics of photosynthetic pigment content in leaves of *Cicer arietinum* L. under the influence of bacterial preparations]. *Ukrainskyi Zhurnal Pryrodnychykh Nauk*, 1, 46–55. https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.5 [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 18.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 633.15:581.143.6
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-140-145



Л. О. Рябовол
доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: Liudmila1511@ukr.net
orcid.org/0000-0002-5885-2180



Є. П. Горяний
аспірант кафедри генетики,
селекції рослин та біотехнології,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: jeka161190@gmail.com
orcid.org/0009-0006-3019-9235

ВПЛИВ ГЕНОТИПУ НА МОРФОГЕНЕЗ В КУЛЬТУРІ НЕЗРІЛИХ ЗАРОДКІВ ЕРЕКТОЇДНИХ ФОРМ КУКУРУДЗИ

В статті викладено інформацію щодо морфогенетичного та регенераційного потенціалу незрілих зародків окремих інбредних ліній кукурудзи в умовах культури in vitro. Встановлено генотипову специфічність індукції морфогенезу за оцінювання регенераційної здатності експлантів та виявлено генотипи з високою морфогенною компетентністю, рекомендовані до використання в генетико-селекційних і біотехнологічних програмах. Визначено, що морфогенетична реакція незрілих зародків формується внаслідок комплексної взаємодії генотипових особливостей вихідного матеріалу та умов його культивування, що проявляється у різній інтенсивності розвитку експлантів, здатності до формування проростків і калюсної тканини та подальшої регенерації. Встановлено, що всі апробовані матеріали характеризувалися здатністю до індукції морфогенних процесів і формування регенераційних структур, однак інтенсивність їх прояву істотно варіювала залежно від генотипу. Водночас підтверджено чітку генотипову залежність ефективності морфогенезу, що свідчить про вплив генетичної детермінованості вихідного матеріалу на інтенсивність розвитку незрілих зародків в ізольованій культурі. Виявлено відмінності між досліджуваними формами за частотою формування проростків, інтенсивністю їх розвитку та здатністю до калюсогенезу, що характеризує неоднаковий рівень реалізації морфогенетичного потенціалу експлантів. Сформована калюсна тканина відрізнялася за морфологічними ознаками, консистенцією та забарвленням, а морфогенні її форми характеризувалися здатністю до подальшої диференціації з утворенням соматичних ембріоїдів або пагонів. Встановлені відмінності між генотипами за регенераційним потенціалом підтверджують доцільність диференційованого добору інбредних ліній у селекційному процесі за використання біотехнологічних методів, зокрема культури незрілих зародків. За результатами досліджень виділено еректоїдні форми кукурудзи 5540, 5576 і 5596, що вирізнялися підвищеною регенераційною здатністю та можуть використовуватися як перспективний вихідний матеріал для подальших селекційних досліджень. Високий рівень морфогенної компетентності зазначених генотипів створює передумови для їх використання у системах in vitro для отримання рослин-регенерантів, прискореного розмноження цінного селекційного матеріалу та інтеграції біотехнологічних методів із класичними підходами селекції кукурудзи.

Ключові слова: *кукурудза, еректоїдна форма, in vitro, культура незрілих зародків, морфогенез, калюс, регенерація.*

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

L. O. Riabovol
Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Head of the Department of Genetics, Plant Breeding and Biotechnology,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: Liudmila1511@ukr.net
orcid.org/0000-0002-5885-2180
Ye. P. Horianyi
PhD Student at the Department of Genetics, Plant Breeding and Biotechnology,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: jeka161190@gmail.com
orcid.org/0009-0006-3019-9235

INFLUENCE OF GENOTYPE ON MORPHOGENESIS IN THE CULTURE OF IMMATURE EMBRYOS OF ERECTOID MAIZE

The article presents information on the morphogenetic and regenerative potential of immature embryos of selected inbred maize lines under in vitro culture conditions. Genotype-specific differences in the induction of morphogenesis were established by evaluating the regenerative capacity of explants, and genotypes with high morphogenic competence were identified and recommended for use in genetic, breeding, and biotechnological programs. It was determined that the morphogenetic response of immature embryos results from the complex interaction between the genotypic characteristics of the initial plant material and cultivation conditions, which is manifested in differences in explant development intensity, their ability to form shoots and callus tissue, and subsequent regeneration. All tested materials were found to be capable of inducing morphogenetic processes and forming regenerative structures; however, the intensity of these processes varied considerably depending on the genotype. At the same time, a clear genotype-dependent pattern in morphogenesis efficiency was confirmed, indicating the influence of the genetic determinants of the initial plant material on the development intensity of immature embryos in isolated culture. Differences among the studied forms were revealed in the frequency of shoot formation, development intensity, and callus-forming ability, reflecting different levels of realization of the morphogenetic potential of explants. The callus tissue formed differed in morphological characteristics, consistency, and coloration, while its morphogenic forms were capable of further differentiation with the formation of somatic embryos or shoots. The identified differences among genotypes in regenerative potential confirm the feasibility of differentiated selection of inbred lines in breeding programs involving biotechnological methods, particularly immature embryo culture. Based on the research results, erectoid maize forms 5540, 5576, and 5596 were identified as having enhanced regenerative capacity and may be used as promising initial material for further breeding research. The high level of morphogenic competence of these genotypes provides a basis for their application in in vitro systems for obtaining regenerated plants, accelerated propagation of valuable breeding material, and integration of biotechnological methods with conventional approaches to maize breeding.
Key words: *maize, erectoid form, in vitro, culture of immature embryos, morphogenesis, callus, regeneration.*

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку селекції сільськогосподарських культур біотехнологічні методи набувають особливого значення як ефективний інструмент для вирішення широкого спектру прикладних завдань, пов'язаних зі створенням, добором, оцінюванням та прискореним розмноженням цінного генетичного матеріалу, зокрема кукурудзи [4, 14, 15]. Інтеграція методів культури *in vitro* з традиційними генетико-селекційними підходами розширює можливості створення нового вихідного матеріалу та сприяє підвищенню ефективності селекційного процесу. Одним із основних етапів біотехнологічної системи є індукція морфогенезу, що передбачає отримання морфогенної тканини з подальшим формуванням рослин-регенерантів [1, 7, 13].

Аналіз останніх джерел і публікацій. Біотехнологічний потенціал окремого генотипу рослин визначається комплексом показників, серед яких важливе місце посідають здатність до калюсогенезу, морфогенна компетентність клітин і тканин, ефективність органогенезу та регенераційна здатність експланту в умовах *in vitro*. Сукупність зазначених ознак характеризує реакцію генотипу на умови культивування та визначає перспективність його використання як вихідного матеріалу в селекційних схемах створення нових зразків [5, 7, 14]. Особливого значення це набуває для кукурудзи, оскільки ефективність регенераційних процесів істотно залежить від генотипу та взаємодії його генетичної детермінованості з компонентами живильного середовища й параметрами культивування [5, 6, 14].

Індукція рослинного матеріалу з незрілого зародка – складний морфогенетичний процес, основу якого становлять дедиференціювання спеціалізованих клітин, відновлення ними проліферативної активності та формування проростка. Калюсоутворення за ушкодження тканини експланту та регенерація пагона є результатом комплексної дії екзогенних регуляторів росту, насамперед ауксинів і цитокінінів, їх концентрації та співвідношення, генотипових особливостей вихідного матеріалу і фізико-хімічних параметрів середовища [1, 6, 13]. Тривале або багаторазове пасажування *in vitro* може супроводжуватися генетичною та епігенетичною перебудовою клітин, порушенням стабільності геному та виникненням сомаклональної варіабельності. Такі зміни можуть зумовлювати формування генетично неоднорідного потомства серед рослин-регенерантів і розглядатися як додаткове джерело спадкової мінливості для селекційного добору [4, 14].

Регенерація рослин є завершальним етапом реалізації морфогенного потенціалу клітин і тканин та полягає у відновленні окремих органів або цілісного організму з експланту, калюсної тканини чи окремої клітини. Фізіологічною та генетичною основою цього процесу є тотипотентність рослинної клітини – здатність за відповідних умов реалізувати генетичну програму розвитку, закодовану в ядерному геномі, з формуванням повноцінної рослини [14–16]. Морфогенез реалізується через

послідовну зміну процесів клітинної проліферації, диференціювання та органогенезу, результатом чого є формування меристематичних центрів, соматичних ембріоїдів, пагонів і кореневої системи. Ефективність регенерації визначається генотиповою специфічністю, типом експланту, його фізіологічним станом, складом живильного середовища та умовами культивування [1, 7, 14].

Найпоширенішим проявом морфогенної активності рослинних клітин у культурі *in vitro* є утворення калюсної тканини. За введення експлантів у культуру *in vitro* спеціалізовані та меристематичні клітини зазнають зміни програми розвитку, дедиференціюються та за сприятливого гормонального балансу переходять до активного проліферативного стану [5, 9, 13]. Визначальними чинниками морфогенезу є специфічність генотипу, тип і фізіологічний стан експланту, концентрація та співвідношення регуляторів росту, мінеральний і вуглеводний склад живильного середовища, а також фізичні умови культивування – температурний режим, освітлення, вологість тощо [1, 6, 14]. Саме комплексна взаємодія цих чинників визначає напрям реалізації морфогенного потенціалу клітин – від проліферації калюсної тканини до органогенезу, соматичного ембріоїдогенезу та формування рослини-регенеранту [7, 13, 15].

Прискорити селекційний процес створення вихідного матеріалу кукурудзи можливо за використання інноваційних підходів. Поєднання класичної селекції та біотехнологічних методів дасть змогу удосконалити регламенти технологічних схем та отримати біоматеріал з новими маркерними ознаками, що розширить генетичний потенціал культури [4, 14, 16].

З погляду експериментальної біотехнології зернові культури, зокрема кукурудза, характеризуються вираженою генотиповою залежністю морфогенетичної реакції в культурі in vitro, що ускладнює розроблення універсальних систем індукції калюсогенезу та регенерації рослин. Встановлено, що інтенсивність процесів калюсогенезу та утворення рослини-регенеранту кукурудзи в культурі *in vitro* визначається типом експланту та значною мірою залежить від генотипу вихідного матеріалу [1, 7, 14]. Проте донині актуальним залишається питання індукції калюсної маси з високим регенераційним потенціалом, здатної зберігати морфогенетичну компетентність упродовж тривалого проміжку часу [5, 9, 14].

Одними з перших учених, які висунули гіпотезу щодо генетичної детермінації здатності рослинних клітин і тканин до калюсогенезу та подальшої регенерації, були Комасуда зі співавторами [17]. На основі результатів діалельного схрещування автори встановили, що ці ознаки можуть контролюватися відносно незалежними генетичними системами, що було продемонстровано в культурі тканин незрілих зародків ячменю [17]. Подальші генетико-селекційні дослідження підтвердили суттєвий вплив генотипу на регенераційний потенціал тканин кукурудзи в культурі *in vitro* [5, 6, 14].

Застосування класичних методів генетичного аналізу дає можливість не лише ідентифікувати генетичні детермінанти, асоційовані з генотиповою варіабельністю прояву тотипотентності рослинних клітин *in vitro*, а й встановлювати їх хромосомну локалізацію та картувати відповідні локуси в генетичних картах. Зокрема, за використання генетичних матеріалів кукурудзи з додатковими або заміщеними хромосомами, а також хромосомними транслокаціями було проведено генетичне картування ознак, пов'язаних зі здатністю до індукції калюсогенезу та регенерації рослин із пиляків і незрілих ембріонів [потрібне окреме першоджерело з генетичного картування].

Результати сучасних молекулярно-генетичних досліджень свідчать про те, що істотний вплив на реалізацію тотипотентності та морфогенної компетентності клітин *in vitro* мають гени, пов'язані з регуляцією фітогормонального сигналінгу та переходом клітин до ембріогенного стану [5, 9, 15]. Зокрема, генетична варіабельність *ZmSAUR15*, пов'язаного з ауксиновою відповіддю, зумовлює відмінності у здатності незрілих зародків кукурудзи формувати ембріогенний калюс, що підтверджує генетичну детермінованість морфогенетичної відповіді [5]. Водночас сучасні біотехнологічні підходи засвідчують важливу роль морфогенних регуляторів родин WUS/WOX, BABY BOOM та GRF-GIF у стимулюванні соматичного ембріогенезу й регенерації та частковому подоланні генотипової залежності кукурудзи [3, 11, 16].

У дослідженнях з ізогенними лініями, диференційованими за алельним станом гена *Rht/rht*, що бере участь у регуляції чутливості рослин до гіберелінів, встановлено, що алельні варіанти цього гена зумовлюють відмінності у характері росту та морфогенетичної реакції калюсних культур. Водночас ступінь реалізації зазначеного ефекту виявився генотипозалежним [потрібне першоджерело щодо Rht/rht]. Реалізація в умовах культури *in vitro* функцій генів із тканинно- або органоспецифічним характером експресії може бути зумовлена індукцією або модифікацією їх транскрипційної активності під впливом екзогенних регуляторів росту, що свідчить про тісний взаємозв'язок між генетично детермінованими регуляторними механізмами та гормонально опосередкованою морфогенетичною відповіддю культивованих рослинних клітин [5, 9, 13].

Незрілі зародки розглядають як один із найефективніших типів експлантів, на основі якого розроблено низку результативних клітинних і тканинних технологій індукції морфогенної активності й отримання рослин-регенерантів кукурудзи [1, 5, 7]. Водночас використання незрілих зародків як первинного експланту визначається низкою технологічних проблем. До основних із них належить відносно короткий часовий інтервал оптимальної фізіологічної активності донорного матеріалу для виділення та введення експланту в культуру *in vitro* на відповідній стадії онтогенезу материнської форми [2, 4, 14]. Зазначені обмеження стимулюють пошук альтернативних джерел біоматеріалу, придатного

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

для індукції морфогенетичних процесів та ефективної регенерації рослин в ізольованій культурі [12, 15, 16]. Вчені аналізували можливість використання поряд із незрілими зародками альтернативних експлантів, зокрема молодих листків та інших меристематично активних тканин [11, 12, 15].

Нині для індукції морфогенезу та отримання регенерантів значну увагу приділяють використанню меристематичних і молодих вегетативних тканин як альтернативних джерел експлантів [11, 12, 16]. Цінність таких експлантів пов'язана з можливістю часткового нівелювання генотипозалежної специфічності регенераційної компетентності, характерної для окремих генотипів із низьким морфогенетичним потенціалом, та отримання необхідної кількості рослинного матеріалу впродовж відносно короткого періоду, що підвищує технологічну ефективність регенераційних систем [10, 12, 15]. Застосування меристематично активних тканин у поєднанні із сучасними морфогенними регуляторами спрямоване на оптимізацію умов індукції морфогенетичного потенціалу, підвищення частоти регенерації та створення ефективних систем *in vitro* для розмноження й отримання генетично цінного регенерантного матеріалу зернових культур, зокрема кукурудзи [11, 15, 16].

Метою дослідження було визначення особливостей процесів морфогенезу та регенерації в культурі незрілих зародків еректоїдних форм кукурудзи за створення вихідного матеріалу культури.

Методика дослідження. Дослідження проводили впродовж 2023–2025 рр. в навчально-науковій лабораторії біотехнології Уманського національного університету. Вихідним матеріалом для виділення експлантів слугували високопродуктиві колекційні зразки еректоїдних форм кукурудзи, отримані в результаті генетичного поліпшення селекційних форм.

Перед введенням в ізольовану культуру біоматеріал стерилізували 10%-м розчином хлораміну впродовж 15 хв і п'ятиразово промивали стерильною дистильованою водою. Незрілі зародки висаджували на модифіковане живильне середовище Мурасіге–Скуга і вирощували в культуральній кімнаті за температури 24–26 °С, 16-годинного фотоперіоду з інтенсивністю освітлення 2 кЛк і відносній вологості 75%. Отриманні проростки пересаджували для розмноження на ростове живильне середовище та збільшували інтенсивність освітлення до 3–5 кЛк. Калюсну тканину від'єднували від експланту та пересаджували на регенераційні середовища. Частку індукції формування проростків і калюсогенезу визначали за відношенням кількості експлантів з морфогенною активністю, до загальної кількості висаджених експлантів.

Основні результати дослідження. Морфогенетичний процес в умовах in vitro визначається комплексною взаємодією низки ендогенних та екзогенних факторів, зокрема, особливістю фітогормональної регуляції, ступенем дедиференціації клітин та рівнем їх морфогенетичної компетентності, індукцією клітинної проліферації, координацією клітинних поділів для формування меристематичних структур тощо. Проте встановлено, що ефективність морфогенезу визначається не лише фізико-хімічними параметрами культивування, типом і морфофізіологічним станом експланту та особливостями передкультуральної підготовки рослинного матеріалу, але й генотипом рослини-донора експланту. Від генотипу істотно залежить регенераційний потенціал біоматеріалу та його морфогенетична активність, зокрема здатність до дедиференціації, проліферації, диференціації тощо.

У процесі досліджень встановлено, що всі апробовані зразки еректоїдних форм кукурудзи характеризувались задовільною морфогенетичною здатністю (табл. 1). Загальна кількість макроструктур з незрілих зародків формувалась залежно від генотипової специфікації і варіювала від 3,2 до 42,3%. Найбільшу кількість проростків отримано з експлантів зразка 5540, інтенсивність розвитку яких була високою, що забезпечувало ріст біоматеріалу з формуванням пагона і первинного корінця. Істотно меншу кількість проростків індуковано з незрілих зародків зразків 5576 (25,0±2,5), 5596 (21,4±1,4), 5584 (17,4±1,7), 5628 (12,5±1,0), 5592 (11,4±2,0).

Таблиця 1

Морфогенна активність в культурі незрілих зародків еректоїдних зразків кукурудзи

Зразок	Кількість сформованих макроструктур, %				
	Всього	Проростки		Калюс	
		%	I*	%	I*
5540	42,3±2,9	40,1±2,1	+ + +	2,2±0,8	+
5576	28,2±2,8	25,0±2,5	+ +	3,2±0,3	+ +
5584	18,8±1,9	17,4±1,7	+ + +	1,4±0,2	+
5588	3,2±0,7	3,2 ±0,7	+ +	0,0	–
5592	11,4±2,0	11,4±2,0	+ +	0,0	–
5596	23,5±1,8	21,4±1,4	+ + +	2,1±0,4	+
5628	14,0±1,7	12,5±1,0	+ +	1,5±0,7	+
HIP_{01}	1,8	1,3	–	0,6	–

Примітка. Дані подано в середньому за повторностями, в кожній з яких висаджували 50 експлантів.

**I – інтенсивність утворення структур (пагонів, калюсу):*

«+» – низька; «+ +» – середня; «+ + +» – висока.

Інтенсивність розвитку біоматеріалу залежала від генотипу та варіювала в межах від середньої інтенсивності (зразки 5576, 5592, 5628) до високої (зразки 5584, 5596). Найменше проростків сформовано за культивування експлантів зразка 5588 (3,2±0,7), проте інтенсивність розвитку отриманого матеріалу була задовільною.

Початок індукції розвитку проростків спостерігали на 10–15 добу культивування, калюсогенез – на 20–25 добу.

Сформовані проростки мали потовщений видовжений пагін та подовжений первинний корінець. Частина рослин (до 5%) зразка 5628 формували вкорочений корінь (до 1,2 мм).

Окремі генотипи за культивування незрілих зародків на живильному середовищі формували калюсну біомасу. Інтенсивність калюсогенезу варіювала від 1,4% у зразка 5584 до 2,2% у зразка 5540. Зразки 5588 і 5592 не формували калюсу. Сформована калюсна біомаса різнилась за кольором, від світло жовтого і світло зеленого, до темних відтінків сірого та коричневого, й консистенцією – розпушений, напів розпушений, щільний, обводнений (рідко).

За регенераційною здатністю калюс ранжували на морфогенний і не морфогенний. Морфогенний калюс вирізнявся напів розпушеною або щільною консистенцією, світло жовтим або світло зеленим кольором. За перенесення на регенераційні середовища він, зазвичай, формував ущільнені зелені осередки, клітини яких за диференційованої проліферації індукували розвиток соматичних ембріоїдів або пагонів.

Висновки. За ведення селекційного процесу доцільно використовувати біотехнологічні методи для одержання та розширення генетичного різноманіття вихідного матеріалу, що сприяє прискоренню створення селекційно цінних форм з новими маркерними ознаками.

З'ясовано, що морфогенетичний потенціал експлантів еректоїдних форм кукурудзи та характер їх регенераційної здатності зумовлені генотиповими особливостями вихідного матеріалу, що свідчить про генетичну специфічність реакції *in vitro*. Найвищою морфогенетичною активністю вирізнялись зразки 5540, 5576 і 5596.

Використання експлантом незрілих зародків для отримання рослинного матеріалу забезпечує скорочення тривалості етапів отримання, добору і розмноження нового вихідного матеріалу кукурудзи та підвищення ефективності селекційного процесу культури.

Подяки. Дослідження виконувалося впродовж 2023–2025 років згідно загальноуніверситетської наукової тематики Уманського національного університету «Збалансоване використання, прогнозування та управління природно-ресурсним потенціалом агроекосистем України» (0121U112521) та «Природні ресурси України – збереження, раціональне (збалансоване) використання інноваційних технологій» (0126U000146).

Фінансування дослідження. Автори констатують, що дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Відсутній.

Авторський внесок.

Рябовол Л. О.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; забезпечення ресурсами та обладнанням; підготовка рукопису – перегляд і редагування; наукове керівництво; адміністрування процесу.

Горяний Є. П.: визначення концепції дослідження; валідація відтворюваності результатів; проведення експерименту; аналіз даних; управління даними; підготовка рукопису – первинний текст; статистичне представлення результатів.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ-асистовані технології не використовувалися.

References

1. Jiao, P., Ma, R., Qi, Z., Jiang, Z., Liu, S., Qu, J., Guan, S., & Ma, Y. (2020). Optimization of callus induction conditions from immature embryos in maize and plant regeneration. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 89(1), pp. 121–130. https://doi.org/10.32604/phyton.2020.07980.

2. Masters, A., Kang, M., McCaw, M., Zobrist, J.D., Gordon-Kamm, W., Jones, T., & Wang, K. (2020). Agrobacterium-mediated immature embryo transformation of recalcitrant maize inbred lines using morphogenic genes. *Journal of Visualized Experiments*, 156, e60782. https://doi.org/10.3791/60782.

3. Hoerster, G., Wang, N., Ryan, L., Wu, E., Anand, A., McBride, K., Lowe, K., Jones, T., & Gordon-Kamm, W. (2020). Use of non-integrating Zm-Wus2 vectors to enhance maize transformation. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, 56, pp. 265–279. https://doi.org/10.1007/s11627-019-10042-2.

4. Yassitepe, J.E.C.T., da Silva, V.C.H., Hernandes-Lopes, J., Dante, R.A., Gerhardt, I.R., Fernandes, F.R., da Silva, P.A., Vieira, L.R., Bonatti, V., & Arruda, P. (2021). Maize transformation: From plant material to the release of genetically modified and edited varieties. *Frontiers in Plant Science*, 12, 766702. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.766702.

5. Wang, Y., He, S., Long, Y., Zhang, X., Zhang, X., Hu, H., Li, Z., Hou, F., Ge, F., Gao, S., Pan, G., Ma, L., & Shen, Y. (2022). Genetic variations in ZmSAUR15 contribute to the formation of immature embryo-derived embryonic calluses in maize. *The Plant Journal*, 109(4), pp. 980–991. https://doi.org/10.1111/tpj.15609.

6. Wei, X., Fan, X., Lu, X., Han, L., Zhang, H., Liu, S., Qu, J., Guan, S., & Ma, Y. (2022). Optimization of callus induction conditions from immature embryos of maize under stress. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 91(9), pp. 1945–1957. https://doi.org/10.32604/phyton.2022.020062.

7. Obara, J.A., Mulwa, R., Oyoo, M., & Karwitha, M. (2022). Somatic embryogenesis and optimization of regeneration system from immature embryos in maize inbred lines. *Research in Biotechnology*, 13, pp. 1–10. https://doi.org/10.25081/rib.2022.v13.7490.

8. Abisso, T.G., & Tumebo, L.A. (2022). In vitro regeneration of some Ethiopian maize (*Zea mays* L.)

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

lines and varieties from immature embryos through callus induction. *International Journal of Biosciences*, 20(6), pp. 140–154. https://doi.org/10.12692/ijb/20.6.140-154.

9. Zhang, K., Du, D., & Wang, W. (2022). Transcriptome profiling of different state callus induced from immature embryo in maize. *Journal of Chemistry*, 2022, Article ID 6237298. https://doi.org/10.1155/2022/6237298.

10. Aesaert, S., Impens, L., Coussens, G., Van Lerberge, E., Vanderhaeghen, R., Desmet, L., Vanhevel, Y., Bossuyt, S., Wambua, A.N., Van Lijsebettens, M., Inzé, D., De Keyser, E., Jacobs, T.B., Karimi, M., & Pauwels, L. (2022). Optimized transformation and gene editing of the B104 public maize inbred by improved tissue culture and use of morphogenic regulators. *Frontiers in Plant Science*, 13, 883847. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.883847.

11. Chen, Z., Zhou, J., Galli, M., Iohannes, S.D., Clark, T., Debernardi, J.M., Dubcovsky, J., Jackson, D., & Gallavotti, A. (2026). The combination of morphogenic regulators BABY BOOM and GRF-GIF improves maize transformation efficiency and promotes leaf regeneration. *New Phytologist*, 252(1), pp. 260–275. https://doi.org/10.1111/nph.71508.

12. Wang, N., Ryan, L., Sardesai, N., Wu, E., Lenderts, B., Lowe, K., Che, P., Anand, A., Worden, A., van Dyk, D., Barone, P., Svitashev, S., Jones, T., & Gordon-Kamm, W. (2023). Leaf transformation for efficient random integration and targeted genome modification in maize and sorghum. *Nature Plants*, 9(2), pp. 255–270. https://doi.org/10.1038/s41477-022-01338-0.

13. Dai, L., & Li, T. (2024). Comparative transcriptomic insights into the mechanisms underlying maize (*Zea mays* L.) embryogenic callus differentiation. *Agronomy*, 14(8), 1689. https://doi.org/10.3390/agronomy14081689.

14. McFarland, F.L., & Kaeppler, H.F. (2025). History and current status of embryogenic culture-based tissue culture, transformation and gene editing of maize (*Zea mays* L.). *The Plant Genome*, 18(1), e20451. https://doi.org/10.1002/tpg2.20451.

15. Youngstrom, C., Wang, K., & Lee, K. (2025). Unlocking regeneration potential: Harnessing morphogenic regulators and small peptides for enhanced plant engineering. *The Plant Journal*, 121(2), e17193. https://doi.org/10.1111/tpj.17193.

16. Achary, V.M.M., Syombua, E.D., Kaur, S., Katamreddy, S.C., Zou, D., Hearne, S.J., & Bandyopadhyay, A. (2026). Advances in the use of morphogenic regulators and peptide regenerating factors for boosting plant transformation and genome editing. *Frontiers in Plant Science*, 17, 1699984. https://doi.org/10.3389/fpls.2026.1699984.

17. Komatsuda, T., Enomoto, S., & Nakajima, K. (1989). Genetics of callus proliferation and shoot differentiation in barley. *Journal of Heredity*, 80(5), pp. 345–350. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a110872.

Дата першого надходження статті до видання: 15.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 633.15:632.954:631.8:581.132
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-146-151



В. В. Широкоступ
аспірант кафедри агробіології та біохімії,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: shyrokostupv@gmail.com
orcid.org/0009-0001-2787-4598

ЧИСТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕЗУ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ ЗА ДІЇ ГЕРБІЦИДУ І БІОДОБРИВА

У статті висвітлено особливості формування показника чистої продуктивності фотосинтезу рослин кукурудзи (Zea mays L.) залежно від норм і способів внесення гербіциду Мілафорт Екстра і біологічного добрива Кайші Макс. Актуальність дослідження зумовлена оптимізацією технології виробництва кукурудзи на фоні ефективного контролювання сегетальної рослинності та створення сприятливих умов для функціонування фотосинтетичного апарату за рахунок біологізованого препарату. Досліди виконували у 2024–2026 рр. в польових і лабораторних умовах кафедри агробіології та біохімії Уманського національного університету на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому. Гербіцид Мілафорт Екстра вносили у нормах 1,25; 1,50; 1,75 та 2,00 л/га як окремо, так і в комплексі з біодобривом Кайші Макс, 0,4 кг/га. Чисту продуктивність фотосинтезу визначали за приростом сухої речовини рослин у розрахунку на одиницю площі листкової поверхні за добу. Встановлено, що внесення досліджуваних препаратів, як окремо, так і в комплексі, сприяло зростанню показника чистої продуктивності фотосинтезу порівняно з контрольним варіантом досліду. У фазі 8–10 листків найвищі значення показника в усі роки досліджень отримано за комплексного застосування 1,75 л/га гербіциду сумісно з Кайші Макс – 3,13 – 3,59 г/м² за добу залежно від року дослідження. У фазі викидання мітелки у цьому ж варіанті досліду продуктивність фотосинтезу підвищувалася до попереднього обліку, досягаючи 6,23–6,62 г/м² за добу залежно від року дослідження, що перевищувало контроль на 24–31%. Найвищі значення чистої продуктивності фотосинтезу формувалися за внесення 1,75 л/га гербіциду Мілафорт Екстра у комплексі з біодобривом. Отримані результати підтверджують ефективність поєднання застосування гербіцидного захисту з біологічними препаратами з метою підвищення фотосинтетичної продуктивності посівів кукурудзи.
Ключові слова: *кукурудза, гербіцид, біодобриво, продуктивність, фотосинтез.*

V. V. Shyrokostup
PhD student at the Department of Agrobiology and Biochemistry,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: shyrokostupv@gmail.com
orcid.org/0009-0001-2787-4598

NET PHOTOSYNTHESIS PRODUCTIVITY OF MAIZE CROPS UNDER THE INFLUENCE OF HERBICIDE AND BIOFERTILIZER

This article focuses on the characteristics of the formation of the net photosynthetic productivity of corn (Zea mays L.) depending on the application rates and methods of the herbicide Milafort Extra and the biofertilizer Kaishi Max. The relevance of this study stems from the need to optimize corn production technology by combining effective control of weed growth in corn fields with the application of bio-based nutrients, thereby creating favorable conditions for the functioning of the photosynthetic apparatus and maximizing crop productivity. Field studies were conducted from 2024 to 2026 under field and laboratory conditions at the Department of Agrobiology and Biochemistry of Uman National University. The herbicide Milafort Extra was applied at rates of 1,25, 1,50, 1,75, and 2,00 l/ha, both alone and in combination with the biofertilizer Kaishi Max at a rate of 0.4 kg/ha. Net photosynthetic productivity was determined by the increase in plant dry matter per unit of leaf area per day. It was found that the application of the tested products, both individually and in combination, contributed to an increase in the net photosynthetic rate compared to the control treatment. During the 8–10-leaf stage, the highest values of this index in all years of the study were obtained with the combined application of 1,75 l/ha of herbicide together with Kaishi Max – 3,13–3,59 g/m² per day, depending on the year of the study. During the panicle emergence stage, in the same experimental treatment, photosynthetic productivity increased compared to the previous measurement, reaching 6,23–6,62 g/m² per day depending on the year of the study, which exceeded the control by 24–31%. The highest values of photosynthetic productivity were consistently observed when 1,75 l/ha of the herbicide Milafort Extra was applied in combination with a biofertilizer. The results confirm the effectiveness of combining herbicide treatment with biological products to increase the photosynthetic productivity of corn.
Key words: *corn, herbicide, biofertilizer, productivity, photosynthesis.*

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Постановка проблеми. Кукурудза (*Zea mays* L.) належить до однієї з трьох головних зернових культур сучасного аграрного виробництва. Нині в Україні вона є основою експортного потенціалу, а тому стабільність її виробництва надзвичайно важливою ланкою для функціонування ринку зерна та забезпечення сировиною тваринницької і переробної галузей [1]. Проте, реалізація потенціалу сучасних гібридів кукурудзи визначається умовами їх вирощування, рівнем мінерального живлення, водозабезпеченням, фітосанітарним станом посівів та ефективністю контролювання сегетальної рослинності [2].

Висока ефективність застосування гербіцидів з метою усунення небажаної рослинності залишається й донині беззаперечним фактом, оскільки їх внесення дає змогу швидко та вчасно усунути переважну частку бур'янового компоненту посівів, тим самим створивши більш сприятливі умови для росту і розвитку культурних рослин [3, 4]. Відомо, що сучасні системи хімічного захисту кукурудзи забезпечують зниження забур'яненості посівів до 82–95% залежно від поєднання препаратів і технологічних умов їх застосування. Проте, поряд із контролюванням бур'янів важливим напрямом удосконалення технології вирощування кукурудзи є оптимізація живлення рослин із використанням біологічних препаратів, що можуть сприяти покращенню засвоєння елементів живлення та активізації основних фізіологічних процесів рослин, що формують їх продуктивність [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) є одним із важливих показників функціонування фотосинтетичного апарату, оскільки характеризує інтенсивність накопичення органічної речовини одиницею площі листків за одиницю часу і від величини цього показника залежить рівень зернової продуктивності вирощуваної культури [5]. Так, у дослідженнях гербіциду Стеллар, який вносили у фазі 3–5 листків кукурудзи, виявлено, що у фазі розвитку культури 8–10 листків за використання 1,0; 1,1; 1,2 та 1,3 л/га показник ЧПФ перевищував контроль, (гербіцид не застосовували) на 6, 11, 18 та 11% відповідно. Найвищий показник було отримано за норми 1,2 л/га, що супроводжувалося отриманням приросту зерна у 28% порівняно з контролем. Також даними дослідженнями між величиною показника ЧПФ та рівнем врожайності встановлено тісний кореляційний зв'язок ($r^2 = 0,99$) [6].

Схожі результати щодо ефективного контролювання бур'янів та формування фотосинтетичної продуктивності посівів кукурудзи за використання гербіциду отримано Д. М. Козаченком [7]: у контрольному варіанті досліду показник ЧПФ складав 6,62–8,55 г/м² за добу, а у разі застосування препаратів Лаудіс та Стеллар Плюс підвищував до 17,15–18,24 г/м² за добу.

Іншими дослідженнями доведено, що підвищення концентрації гербіциду може пригнічувати синтез у рослинах хлорофілу та знижувати масу коренів, стебел і листків, що негативно позначається на величині чистої продуктивності фотосинтезу посівів [8].

Відмінності в реакції рослин кукурудзи на гербіциди можуть бути пов'язані з генотиповими особливостями. Так, S. Sun із співавторами [9], оцінюючи фотосинтетичні характеристики встановили, що різні гібриди кукурудзи по-різному реагували на мезотріон (гербіцид групи HPPD-інгібіторів) [9].

Значний вплив на формування фотосинтетичного апарату кукурудзи має також живлення рослин на фоні агротехнологічних заходів [10, 11], у тому числі використання органо-мінеральних препаратів. Встановлено, що застосування біологічних добрив та регуляторів росту рослин Євростім Аміно, БіоГумату та Цеовіт АнтиСтрес Мульті сприяло (у критичні періоди розвитку кукурудзи) покращенню фізіологічного стану посівів та зростанню приросту врожайності до 0,52–1,33 т/га порівняно з контролем [3]. Подібні результати одержано при застосуванні Біокомплексу-БТУ та Органік-Баланс, де показник ЧПФ сорту проса Омріяне зростав до 7,64 г/м² за добу [12].

Передпосівна обробка насіння проса біологічним препаратом Азогран за позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом Браман Мультикомплекс забезпечував формування показника ЧПФ на рівні 9,0–9,2 г/м² за добу при 8,5 г/м² за добу у контролі [13].

Використання мікробних препаратів у посівах кукурудзи на основі трьох штамів бактерій роду *B. safensis* MF-01, *B. altitudinis* MF-15 та *B. velezensis* MF-08 забезпечило підвищення показника ЧПФ до 5,86 г/м² проти 3,85 г/м² за добу у контролі [14].

Наукові дані [15–18] чітко демонструють, що застосування біологічних препаратів сприяє відновленню фотосинтетичного апарату кукурудзи після впливу стресових чинників: спостерігається зростання продуктивності фотосинтезу на 15,37–18,85%, вмісту хлорофілів – на 7,8–8,7%.

Дослідженнями з оцінки комплексного впливу біологічних препаратів і систем контролювання бур'янів у посівах кукурудзи свідчать, що біопрепарат NitroStim® за різних способів контролювання бур'янів, у тому числі із застосуванням гербіциду на основі темботріону, сприяє зменшенню біомаси бур'янів на 28% за одночасного зростання продуктивності культури на 12% [19, 20]. Отримані наукові результати підтверджують перспективність поєднання біологізованих елементів живлення із системою хімічного контролювання бур'янів у технології вирощування кукурудзи.

Метою статті є встановлення особливостей формування чистої продуктивності фотосинтезу посівів кукурудзи залежно від впливу гербіциду і біологічного добрива.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження виконували впродовж 2024–2026 рр. у польових та лабораторних умовах кафедри агробіології та біохімії Уманського національного університету. Об'єктом досліджень були рослини кукурудзи (*Zea mays* L.) гібриду ДКС 4098, предметом – особливості формування показника чистої продуктивності фотосинтезу на фоні дії гербіциду і біологічного препарату.

Польові досліди закладали на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому з вмістом гумусу 3,7% та pH 5,4, гідролітична кислотність – 3,19 смоль/кг, ємність катіонного обміну – 31,4 смоль/кг. Ґрунт характеризувався такими показниками: вміст рухомих сполук фосфору та калію – 109 і 124 мг/кг (за Чириковим),

легкогідролізованого азоту – 103 мг/кг (за Корнфілдом).

Схема досліду включала триразову повторність, облікова площа ділянки –50 м², варіанти розміщувалися систематично.

Гербіцид Мілафорт Екстра (мезотріон 75 г/л + нікосульфурон 30 г/л) у нормах 1,25; 1,50; 1,75 та 2,00 л/га як окремо, так і в суміші з біодобривом Кайші Макс (висококонцентрований біостимулятор росту рослин та антистресант, компанія «Самміт-Агро Юкрейн», д.р. – рослинні амінокислоти з вмістом L-вільних амінокислот у 80% та азоту у 13%) вносили у фазі розвитку кукурудзи 3–5 листків за допомогою обприскувача ОН–600 з витратою робочого розчину 200 л/га.

Чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) визначали за приростом сухої речовини рослин у розрахунку на одиницю площі листкової поверхні за одиницю часу. Показник розраховували, користуючись формулою $ЧПФ=B_2– B_1/0,5(Л_1+Л_2)×n$, де ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м² за добу; B_1 і B_2 – суха маса рослин на початку та в кінці облікового періоду, г; $Л_1$, $Л_2$ – площа листкової поверхні на початку/кінці облікового періоду, м²; n – кількість днів між обліками [21].

Статистичну обробку експериментальних даних проводили методом дисперсійного аналізу, користуючись MS Excel.

Основні результати дослідження. Встановлено, що застосування різних норм гербіциду Мілафорт Екстра і біодобрива Кайші Макс зумовлювало зростання чистої продуктивності фотосинтезу посівів кукурудзи, яка залежала від норми гербіциду та поєднання його внесення з біологічним препаратом. Так, у 2024 р. в контрольному варіанті досліду показник ЧПФ склав 2,61 г/м² за добу. У варіанті досліду з позакореневим підживленням рослин кукурудзи біодобривом Кайші Макс у нормі 0,4 кг/га прослідковувалося зростання досліджуваного показника до 2,91 г/м² за добу, що на 12% перевищувало контроль. Така реакція рослин кукурудзи на використання біопрепарату може бути пов'язана зі стимулюванням проявлення у рослинах фізіологічних процесів, покращенням їх забезпечення елементами живлення та підвищенням ефективності функціонування фотосинтетичного апарату (рис. 1).

Обприскування посівів кукурудзи гербіцидом Мілафорт Екстра також сприяло зростанню показника ЧПФ відносно контролю, однак простежувалась залежність між величиною даного показника і нормою застосування препарату. Так, за використання 1,25 л/га гербіциду показник ЧПФ складав 2,81 г/м² за добу, що на 8% перевищувало контрольний варіант досліду. За подальшого підвищення норми внесення гербіциду до 1,50; 1,75 та 2,00 л/га прослідковувалося й пропорційне зростання величини показника ЧПФ до 2,86; 3,00 та 3,11 г/м² за добу відповідно.

Зростання показника ЧПФ за використання норм гербіциду можна пояснити насамперед послабленням конкурентного тиску з боку сегетальної рослинності на рослини кукурудзи, а саме – зниженням конкуренції з боку бур'янів за світло, ґрунтову вологу та елементи мінерального живлення. Внаслідок цього рослини кукурудзи отримували більше ресурсів для підтримання своєї фотосинтетичної активності.

Найбільш ефективним стосовно формування показника чистої продуктивності фотосинтезу рослин кукурудзи виявилося за комплексного застосування гербіциду Мілафорт Екстра і біодобрива Кайші Макс.

Так, за внесення Мілафорт Екстра 1,25 л/га сумісно із Кайші Макс 0,4 кг/га досліджуваний

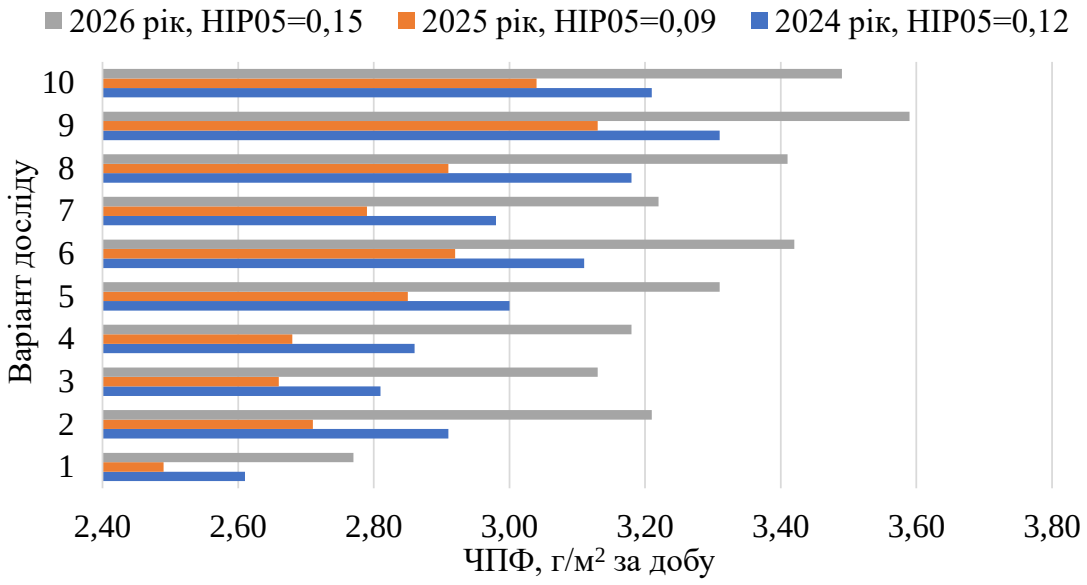


Рис. 1. Чиста продуктивність фотосинтезу посівів кукурудзи за використання гербіциду і біодобрива, фаза 8–10 листків
1. Контроль (без препаратів; 2. Кайші Макс 0,4 кг/га; 3. Мілафорт Екстра 1,25 л/га; 4. Мілафорт Екстра 1,50 л/га; 5. Мілафорт Екстра 1,75 л/га; 6. Мілафорт Екстра 2,00 л/га; 7. Мілафорт Екстра 1,25 л/га + Кайші Макс 0,4 кг/га; 8. Мілафорт Екстра 1,50 л/га + Кайші Макс 0,4 кг/га; 9. Мілафорт Екстра 1,75 л/га + Кайші Макс 0,4 кг/га; 10. Мілафорт Екстра 2,00 л/га + Кайші Макс 0,4 кг/га

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

показник зріс до 2,98 г/м² за добу, що на 0,37 г/м² за добу (14%) перевищувало контроль. За зростання норми гербіциду до 1,50 л/га ЧПФ складала 3,18 г/м² за добу, а за норми 1,75 л/га сягала максимального значення у 3,31 г/м² за добу (на 27% більше за контроль). За максимальної норми Мілафорт Екстра у 2,00 л/га показник ЧПФ дещо знизився проти попереднього варіанту досліду і складав 3,21 г/м² за добу. Очевидно, за максимальної норми гербіциду у 2,00 л/га могло виникати додаткове гербіцидне навантаження, що змінювало фізіологічну реакцію рослин на комплекс препаратів і зменшувало відносний вплив біодобрива на формування фотосинтетичної продуктивності. Це свідчить про відсутність доцільності подальшого зростання норми застосування гербіциду у комплексі з біодобривом.

Визначення чистої продуктивності фотосинтезу у 2025 р. показало, що абсолютні значення даного показника були дещо нижчими, ніж у 2024 р., що зумовлено менш сприятливими погодними умовами. Так, у контрольному варіанті досліду показник ЧПФ складав 2,49 г/м² за добу, а за внесення Кайші Макс – 2,71 г/м² за добу. Обприскування посівів кукурудзи гербіцидом Мілафорт Екстра забезпечило збільшення показника ЧПФ від 2,66 до 2,92 г/м² за добу залежно від норми гербіциду. У разі комплексного внесення препаратів, як і у попередньому році, ЧПФ зростала до 2,79–3,13 г/м² за добу. Найбільш ефективним, як і в 2024 р. було поєднання Мілафорт Екстра 1,75 л/га + Кайші Макс 0,4 кг/га, де чиста продуктивність фотосинтезу склала 3,13 г/м² за добу проти 2,49 г/м² за добу у контролі.

Отже, менш сприятливі умови 2025 р. знизили величину абсолютних значень показника ЧПФ, проте не змінили спрямованості реакції рослин на внесення препаратів.

У 2026 р. зберіглася подібна залежність формування показника ЧПФ від норм і способів внесення препаратів, проте абсолютні значення ЧПФ у всіх варіантах досліду були вищими порівняно з попередніми роками досліджень, оскільки у 2026 році погодні умови були найбільш сприятливими для вегетації рослин кукурудзи. Так, за використання біодобрива Кайші Макс чиста продуктивність фотосинтезу зросла до 3,21 г/м² за добу проти 2,77 г/м² за добу у контрольному варіанті досліду. Внесення гербіциду Мілафорт Екстра у нормах 1,25–2,00 л/га без біодобрива сприяло поступовому зростанню показника ЧПФ від 3,13 до 3,42 г/м² за добу.

Комплексне внесення препаратів забезпечило формування показника ЧПФ на рівні 3,22; 3,41; 3,59 та 3,49 г/м² за добу відповідно до норм гербіциду. Найвищий показник також було отримано у варіанті досліду 1,75 л/га Мілафорт Екстра + 0,4 кг/га Кайші Макс (3,59 г/м² за добу), що на 30% перевищувало контроль. Загалом, отримані результати підтверджують доцільність поєднання гербіцидного захисту з біологічним препаратами для підживленням кукурудзи з метою підвищення ефективності функціонування її фотосинтетичного апарату.

Повторне визначення ЧПФ у фазі викидання мітелки показало, що вона зросла порівняно з попереднім обліком у фазі 8–10 листків. Це пов'язано з підсиленням фотосинтетичної продуктивності посівів у цей період, проте залежність між показником і нормою гербіциду, внесеного окремо і у комплексі з біодобривом, збереглася. Так, за внесення Кайші Макс простежувалось зростання показника ЧПФ до 5,29; 5,02 та 5,59 г/м² за добу відповідно рокам дослідження (рис. 2).

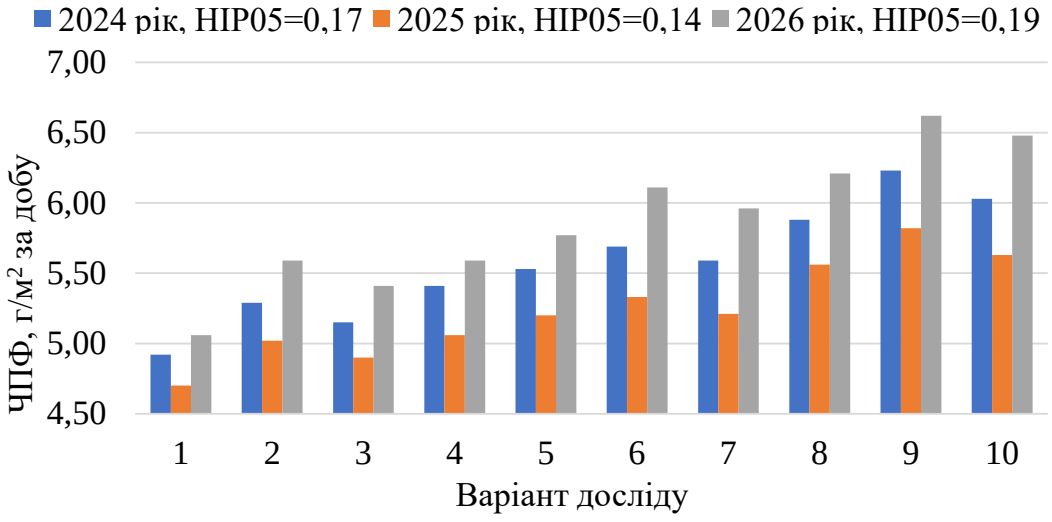


Рис. 2. Чиста продуктивность фотосинтезу посівів кукурудзи за використання гербіциду і біодобрива, фаза викидання мітелки
1. Контроль (без препаратів); 2. Кайші Макс 0,4 кг/га; 3. Мілафорт Екстра 1,25 л/га; 4. Мілафорт Екстра 1,50 л/га; 5. Мілафорт Екстра 1,75 л/га; 6. Мілафорт Екстра 2,00 л/га; 7. Мілафорт Екстра 1,25 л/га + Кайші Макс 0,4 кг/га; 8. Мілафорт Екстра 1,50 л/га + Кайші Макс 0,4 кг/га; 9. Мілафорт Екстра 1,75 л/га + Кайші Макс 0,4 кг/га; 10. Мілафорт Екстра 2,00 л/га + Кайші Макс 0,4 кг/га

За внесення гербіциду Мілафорт Екстра без біодобрива простежувалося зростання ЧПФ зі збільшенням норми препарату. У 2024 р. показник зростав від 5,15 за норми 1,25 л/га до 5,69 г/м² за добу за 2,0 л/га; у 2025 р. від 4,90 до 5,33, а у 2026 р. від 5,41 до 6,11 г/м² за добу.

Найвищі значення ЧПФ, як і за попереднього обліку, отримано за комплексного застосування препаратів. Зокрема, за норми гербіциду у 1,75 л/га + Кайші Макс 0,4 кг/га у 2024, 2025 і 2026 роках показник ЧПФ складав відповідно 6,23; 5,82 та 6,62 г/м² за добу. За підвищення норми використання гербіциду до 2,0 л/га спостерігалося певне зниження продуктивності фотосинтезу, відповідно до 6,03; 5,63 та 6,48 г/м² за добу, що підтверджує встановлену в попередній фазі тенденцію.

Висновок. Таким чином, застосування досліджуваних препаратів як самостійно, так і у комплексі, сприяло зростанню чистої продуктивності фотосинтезу посівів кукурудзи. Найвищі значення ЧПФ формувалися за внесення 1,75 л/га гербіциду Мілафорт Екстра сумісно з біодобривом Кайші Макс – 6,23–6,62 г/м² за добу у фазі викидання мітелки, що перевищувало значення контрольного варіанту досліду на 23,8–30,8%. Це засвідчує позитивний вплив поєднання гербіцидного захисту посівів кукурудзи з підживленням біологічним препаратом на формування фотосинтетичної продуктивності посівів культури.

Подяки. Автор висловлює вдячність Уманському національному університету за надання польової та лабораторної бази, а також організаційної підтримки під час проведення наукового дослідження.

Фінансування дослідження. Дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Відсутній.

Авторський внесок. Широкоступ В. В.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; забезпечення ресурсами та обладнанням; підготовка рукопису.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту/ШІ-асистовані технології не використовувалися

References

1. Demianiuk, O.S., Matusevych, H.D., Mazur, S.O., et al. (2023). Pshenytsia, kukurudza ta soniashnyk – osnovni kultury ukrainskoho eksportu [Wheat, corn, and sunflower are the primary crops of Ukrainian exports]. *Zemlerobstvo Ta Roslynnytstvo: Teoriia I Praktyka,* 4(10), 41–50. http://doi.org/10.54651/agri.2023.04.05 [in Ukrainian].

2. Andriienko, A.L., & Andriienko, O.O. (2026). Formuvannia vrozhainosti ta yakisnykh pokaznykiv zerna kukurudzy pid vplyvom ahrotekhnolohichnykh zakhodiv [Formation of yield and quality indicators of corn grain under the influence of agrotechnological measures]. *Biuleten Umanskoho Natsionalnoho Universytetu*, 1, 5–16. http://doi.org/10.32782/2310-0478-2026-1-5-16 [in Ukrainian].

3. Poltava, O.P., & Demianiuk, O.S. (2025). Efektyvnist pozakorenevoho pidzhyvlennia kukurudzy (*Zea mays* L.) u Livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [The effectiveness of extraradical fertilization of corn (*Zea mays* L.) in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Ahroekolohichnyi Zhurnal,* 2, 148–155. https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2025.333840 [in Ukrainian].

4. Shatsman, D.O. (2018). Produktyvnist kukurudzy za riznykh system zakhystu i bezzminnoho vyroshchuvannia u Livoberezhnomu Lisostepi Ukrainy [Productivity of corn under different systems of protection and permanent growing in Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Ahroekolohichnyi Zhurnal,* 3, 82–88. https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2018.148363 [in Ukrainian].

5. Stasyk, O.O., Kirizii, D.A., & Priadkina, H.O. (2021). Fotosyntez i produktyvnist: osnovni naukovi dosiahnennia ta innovatsiini rozrobky [Photosynthesis and productivity: main scientific achievements and innovative developments]. *Fiziolohiia Roslyn I Henetyka*, 53(2), 160–184. https://doi.org/10.15407/frg2021.02.160 [in Ukrainian].

6. Zabolotna, A.V., Zabolotnyi, O.I., & Datsenko, A.A. (2021). Chysta produktyvnist fotosyntezu ta vrozhainist kukurudzy za umov vykorystannia herbitsydu Stellar [Net photosynthetic productivity and corn yield under the using of herbicide Stellar]. *Zroshuvane Zemlerobstvo,* 75, 29–33. https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.75.5 [in Ukrainian].

7. Kozachenko, D.M. (2026). Osoblyvosti funktsionuvannia fotosyntetychnoho aparatu hibrydiv kukurudzy zalezhno vid herbitsydnoho zakhystu ta pozakorenevoho udobrennia [Functioning of the maize photosynthetic apparatus as affected by herbicide protection and foliar application of fertilisers]. *Bioenerhetyka,* 1, 101–108. https://doi.org/10.47414/be.2026.No1.pp101-108 [in Ukrainian].

8. Chen, P., Niu, M., Qiu, Y., et al. (2024). Physiological effects of maize stressed by HPPD inhibitor herbicides via multi-spectral technology and two-dimensional correlation spectrum technology. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 272, 116087. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.116087

9. Sun, S., Wang, L., Wang, S., et al. (2024). Photosynthetic and Physiological Responses of Different Maize Varieties to Mesotrione. *Agronomy*, 14(8), 1701. https://doi.org/10.3390/agronomy14081701

10. Poliakov, V.I., & Karpuk, L.M. (2020). Fotosyntetychna produktyvnist kukurudzy zalezhno vid ahrotekhnolohichnykh zakhodiv [Photosynthetic productivity of maize depending on agrotechnological measures]. *Naukovi Pratsi Instytutu Bioenerhetychnykh Kultur i Tsukrovykh Buriakiv,* 28, 209–221. https://doi.org/10.47414/np.28.2020.230248 [in Ukrainian].

11. Mokriienko, V.A., & Pryndiuk, Ya.O. (2024). Formuvannia ta produktyvnist asymiliatsiinoho aparatu roslyn kukurudzy zalezhno vid normy vysivu ta udobrennia [Formation and productivity of the assimilation apparatus of corn under different sowing and fertilization rates]. *Novitni Ahrotekhnolohii*, 12(1). https://doi.org/10.47414/na.12.1.2024.297343 [in Ukrainian].

12. Fedorchenko, M.M., & Karpuk, L.M. (2024). Osoblyvosti formuvannia fotosyntetychnykh

pokaznykiv posiviv prosa za orhanichnoho vyrobnytstva u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Peculiarities of the formation of photosynthetic indicators in proso millet under organic production in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Naukovi Pratsi Instytutu Bioenerhetychnykh Kultur i Tsukrovykh Buriakiv,* 32, 63–73. https://doi.org/10.47414/np.32.2024.324679 [in Ukrainian].

13. Holodna, A.V., & Hordiienko, M.V. (2026). Fotosyntetychna diialnist posiviv prosa zalezhno vid tekhnolohii vyroshchuvannia u Pravoberezhnomu Lisostepu [Photosynthetic activity of millet crops depending on cultivation technology in the right-bank Forest-Steppe]. *Ahroekolohichnyi Zhurnal,* 2, 167–177. https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2026.359718 [in Ukrainian].

14. Singh, S., Singh, U.B., Trivdi, M., et al. (2021). Restructuring the cellular responses: connecting microbial intervention with ecological fitness and adaptiveness to the maize (*Zea mays* L.) grown in saline–sodic soil. *Frontiers in Microbiology*, 11, 568325. https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.568325

15. Wang, Y., Lu, Y., Wang, L., et al. (2023). Analysis of the molecular composition of humic substances and their effects on physiological metabolism in maize based on untargeted metabolomics. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1122621. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1122621

16. Ratajczak, K., Sulewska, H., Panasiewicz, K., et al. (2023). Phytostimulator application after cold stress for better maize (*Zea mays* L.) plant recovery. *Agriculture*, 13(3), 569. https://doi.org/10.3390/agriculture13030569

17. Chen, C.-H., Lin, K.-H., Chang, Y.-S., & Chang, Y.-J. (2023). Application of water-saving irrigation and biostimulants on the agronomic performance of maize (*Zea mays*). *Process Safety and Environmental Protection*, 177, 1377–1386. https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.08.008

18. Ocwa, A., Mohammed, S., Mousavi, S. M. N., et al. (2024). Maize grain yield and quality improvement through biostimulant application: a systematic review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 24, 1609–1649. https://doi.org/10.1007/s42729-024-01687-z

19. Gazoulis, I., Kanatas, P., Antonopoulos, N., et al. (2023). The integrated effects of biostimulant application, mechanical weed control, and herbicide application on weed growth and maize (*Zea mays* L.) yield. *Agronomy*, 13(10), 2614. https://doi.org/10.3390/agronomy13102614

20. Katsenios, N., Sparangis, P., Vitsa, S., et al. (2023). Application of biostimulants and herbicides as a promising co-implementation: The incorporation of a new cultivation practice. *Agronomy*, 13(10), 2634. https://doi.org/10.3390/agronomy13102634

21. Hrytsaienko, Z.M., Hrytsaienko, A.O., & Karpenko, V.P. (2003). Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i gruntiv [Methods of Biological and Agrochemical Research on Plants and Soils]. Kyiv: "Nichlava", 316 pp. https://lib.udau.edu.ua/items/dece6178-3dec-49fa-b0f2-70ccf71aa31e [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 18.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 630*232:[630*17:582.623.2](477.4)(045)
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-152-160



В. П. Шлапак
доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри лісового господарства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: shlapakwp@gmail.com
orcid.org/0000-0001-8710-5662



І. В. Козаченко
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
декан факультету біоресурсів і природокористування,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: forestry@udau.edu.ua
orcid.org/0000-0002-2609-4987



С. А. Адаменко
кандидат біологічних наук, доцент,
завідувач кафедри лісового господарства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: fotyniya7139@gmail.com
orcid.org/0000-0003-4656-1180



М. І. Парубок
кандидат біологічних наук,
доцент кафедри агробіології та біохімії,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: m.parubok69@gmail.com
orcid.org/0000-0002-7228-4669

ДОСВІД НАСІНЄВОГО ВИРОЩУВАННЯ ВИДІВ РОДУ ТОПОЛЯ (*POPULUS* L.) У ЦЕНТРАЛЬНІЙ ПРИДНІПРОВСЬКІЙ ВИСОЧИННІЙ ОБЛАСТІ

В Україні найбільш поширеними видами роду Тополя (Populus L.) є тополя біла (Populus alba L.), тополя чорна (Populus nigra L.), тополя канадська (Populus canadensis L.). Виявлено, що тополя канадська до 20 років досягає висоти 20–25 м і діаметра 30–35 см та запасу стовбурної деревини до 500–700 м^3·га$^{-1}$, а у 30 років – 930 м^3·га$^{-1}$. Термін вирощування деревини може бути скорочений у три-чотири рази у порівнянні з дубом звичайним (Quercus robur L.) і сосною звичайною (Pinus sylvestris L.). Доведено, що найкращі сходи тополь отримують за сівби їх свіжозібраним насінням. З'ясовано, що за норми висіву 0,3 г, 0,6 г і 1,0 г на 1 погонний метр рядка можна отримати достатню кількість добре розвинених сіянців тополі. Відпад сіянців тополь показав, що він за всіх норм висіву йде майже однаково. Встановлено, що за норми висіву 1 г на 1 погонний метр, помітно збільшується вихід сіянців, у тополі канадської він склав від 24 до 37 штук, а висота їх коливається від 20 до 35 см. Найбільша кількість сіянців за посіву без покриття 85 і 78 штук простежується у тополі білої, а найменша 74 і 67 штук у тополі чорної. Виявлено, що кількість сіянців з 1 погонного метра накритих соломою значно переважає їх кількість накритих гіллям. Водночас така закономірність не простежується у тополі чорної, де показники виходу сіянців з накриттям гіллям вищі у порівнянні з виходом сіянців накритих соломою. Доведено, що у спекотні сонячні дні достатньо рядові посіви затінювати щитами. Встановлено, що сіянці вирощені без покриття є потужнішими з перших днів і надалі ростуть краще. Середня висота їх коливається від 22 до 57 см. Це можна пояснити різною інтенсивністю поливу. Переважно така ж закономірність простежується із ростом сіянців за покриття рядків соломою і гіллям. Вологість ґрунту, не залежно від його родючості, є лімітуючим показником їх росту. Засипання висіяного насіння тирсою товщиною 2–3 мм значно знижує вихід сіянців тополь та їх якість. Висота їх знаходиться в межах 26–33 см. У варіанті з присипкою рядка з насінням тополі перегноєм-сипцем виходить достатня кількість добре розвинених сіянців. Висота їх коливається

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

від 33 до 45 см. З'ясовано, що за вирощування сіянців без притрушування рядків тополі соломою, тирсою, гіллям, перегноєм-сипцем та іншим сипучим матеріалом, у першу декаду слід поливати посіви тричі на день, у другу – двічі, у третю – один раз. Через 30-40 днів полив припиняти.
Ключові слова: *рід Тополя, ріст, розвиток, агротехніка, висота дерев.*

V. P. Shlapak
Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Forestry,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: shlapakwp@gmail.com
orcid.org/0000-0001-8710-5662
I. V. Kozachenko
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Dean of the Faculty of Bioresources and Environmental Management,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: forestry@udau.edu.ua
orcid.org/0000-0002-2609-4987
S. A. Adamenko
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Forestry,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: fotyniya7139@gmail.com
orcid.org/0000-0003-4656-1180
M. I. Parubok
Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor at the Department of Agrobiology and Biochemistry,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: m.parubok69@gmail.com
orcid.org/0000-0002-7228-4669

EXPERIENCE IN SEEDLING PRODUCTION OF POPULUS L. SPECIES IN THE CENTRAL DNIEPER UPLAND REGION

In Ukraine, the most common species of the genus Populus (Populus L.) are the white poplar (Populus alba L.), the black poplar (Populus nigra L.) and the Canadian poplar (Populus canadensis L.). It has been found that by the age of 20, the Canadian poplar reaches a height of 20–25 m and a diameter of 30–35 cm, with a stemwood volume of up to 500–700 $m^3 \cdot ha^{-1}$, and by the age of 30 – 930 $m^3 \cdot ha^{-1}$. The timber growth period can be reduced by a factor of three to four compared with common oak (Quercus robur L.) and Scots pine (Pinus sylvestris L.). It has been demonstrated that the best poplar seedlings are obtained when sown with freshly harvested seeds. It has been established that, at sowing rates of 0.3 g, 0.6 g and 1.0 g per running metre of row, a sufficient number of well-developed poplar seedlings can be obtained. The germination rate of poplar seeds showed that it remained almost the same across all sowing rates. It was established that at a sowing rate of 1 g per linear metre, the yield of seedlings increases significantly; for the Canadian poplar, it ranged from 24 to 37 seedlings, with their height varying from 20 to 35 cm. The highest number of seedlings from uncovered sowing–85 and 78–was observed in white poplar, whilst the lowest–74 and 67–was in black poplar. It was found that the number of seedlings per linear metre from straw-covered plots significantly exceeded that from branch-covered plots. At the same time, this pattern is not observed in black poplar, where the seedling emergence rates for those covered with branches are higher than for those covered with straw. It has been demonstrated that on hot, sunny days, it is sufficient to shade row crops with shields. It has been established that seedlings grown without cover are sturdier from the very first days and continue to grow better. Their average height ranges from 22 to 57 cm. This can be explained by differences in the intensity of watering. A similar pattern is generally observed in the growth of seedlings when the rows are covered with straw and twigs. Soil moisture, regardless of its fertility, is the limiting factor for their growth. Covering the sown seeds with a 2–3 mm layer of sawdust significantly reduces the yield of poplar seedlings and their quality. Their height ranges from 26 to 33 cm. In the treatment where the poplar seed rows were covered with loose humus, a sufficient number of well-developed seedlings were produced. Their height ranges from 33 to 45 cm. It has been established that when growing seedlings without covering the poplar seedbeds with straw, sawdust, twigs, loose humus or other loose material, the crops should be watered three times a day during the first ten days, twice a day during the second ten days, and once a day during the third ten days. Watering should be stopped after 30–40 days.
Key words: *genus Populus, growth, development, agrotechnology, tree height.*

Постановка проблеми. Насіннєве та стеблове (вегетативне) розмноження тополі суттєво відрізняються за швидкістю, збереженням сортових ознак та життєздатністю. Стеблове розмноження живцями є основним і найефективнішим у господарстві, оскільки забезпечує 100% збереження ознак материнської рослини та швидке укорінення, тоді як насіннєве розмноження використовується переважно в селекції через швидку втрату схожості насіння.

Використання стеблових живців (здорові гілки довжиною 20–25 см) або кілків повністю передає всі корисні властивості материнського дерева (швидкий ріст, стійкість до хвороби). Живці тополі швидко йдуть у ріст, формуючи міцну кореневу систему та значний приріст уже в перший рік. Стеблове (вегетативне) розмноження є найпростішим та найдешевшим методом для створення захисних насаджень чи енергетичних плантацій [1, 2], тоді як насіннєве розмноження полягає у вирощуванні рослин з дрібного насіння, яке вкрите тополиним пухом. Водночас насіння тополі та верби втрачає схожість уже за кілька днів після дозрівання (у вологому середовищі – за

лічені години). Ознаки материнської рослини не зберігаються, відбувається розщеплення ознак (корисні властивості сорту можуть зникнути). Сівбу треба проводити негайно в добре зволожений і пухкий ґрунт, доречно, що сіянці спочатку ростуть дуже повільно і часто гинуть від різної хвороби.

Таким чином, у технології вирощування тополі білої, тополі канадської та тополі чорної з насіння немає єдиної думки щодо доцільності накривання посівів різними видами покриття – соломою, гіллям, перегноєм-сипцем, тирсою тощо. Тому в даній роботі було поставлено завдання перевірити та порівняти ефективність зазначених видів покриття з вирощуванням сіянців тополі без покриття за умов інтенсивного зволоження посівів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Види роду Тополя є найбільш швидкорослими листяними породи північної півкулі. [4]. Це дводомні рослини, де чоловічі та жіночі дерева окремі. Водночас, пух дають лише жіночі особини. Сучасні декоративні сортові гібриди – це переважно чоловічі форми, які взагалі не утворюють пуху та насіння. Доречно, що особливо інтенсивним ростом відрізняються тополі канадська та сіра, які в оптимальних умовах до 20 років досягають 20–25 м висоти та 30–35 см у діаметрі із запасом стовбурної деревини до 500 $м^3 \cdot га^{-1}$. Водночас, такий запас стовбурової деревини головні лісотвірні породи Лісостепу України, такі як сосна звичайна та дуб звичайний і, то в окремих випадках, дають лише під 100 років. Отже, при розведенні тополь термін вирощування деревини може бути скорочений у три-чотири, а то і більше рази.

Розмноження видів роду Тополі може здійснюватися як насіннєвим, так і вегетативним шляхом [8].

Насіння тополі дозріває наприкінці весни (травень-червень) і покрите білим пухом для розльоту. На практиці насіння майже не використовують для розмноження, оскільки воно швидко втрачає схожість (за кілька днів). Замість цього тополю розмножують вегетативно, а саме: живцями або кореневими паростками. Стеблові живці це заготівля гілок товщиною 6–11 мм і довжиною 20–30 см у період спокою (ранньою весною або восени). Їх висаджують у вологий ґрунт із заглибленням на 3/4 довжини. Кореневі паростки**,** які з'являються у осики, тополі білої та деяких інших видів роду дають багато пагонів від кореня, які можна відокремити та пересадити.

Вирощування садивного матеріалу видів роду Тополя як насіннєвим, так і вегетативним способами присвячені праці В. О. Сидоренко [10], О. О. Бордусь [2], Геркіял О. М., Шлапак В. П., Мостов'як І. І. [3], A. Tullus at al. [26]. Ріст та продуктивність видів роду Тополя вивчали Д. С. Нандал, М. С. Худа [7], Ф. А. Павленко, Н. В. Старова [9], К. В. Скуртул [11], Адаптивність та особливості росту сортів тополі вивчали M. J. Bullard, S. J. Mustil, S. D. McMillan, P. M. I. Nixon, P. Carver, C. P. Britt [21], Сучасний стан та шляхи інтенсифікації плантаційного лісовирощування тополі вивчав В. М. Маурер [4], L. S. Broeckx, M. S. Verlinden, R Ceulemans [20], J. Mann [24], J. Toillon, P. Priault, E. Dallé et al. [25]. Дослідження представників роду *Populus* за морфологічними ознаками досліджували І. С. Шилін [19], Л. О. Торосова, Н. Ю. Висоцька, С. А. Лось, Т. В. Орловська, І. В. Золотих [15]. Вирощування однорічних живцевих саджанців тополі та добір культиварів вивчали Д. Я. Фучило [16], Я. Д. Фучило, О. О. Бордусь [17], Я. Д. Фучило, М. В. Сбитна, О. Я. Фучило, В. М. Літвін [18]. Вплив генетичного різноманіття на структуру та диференціацію тополі вивчали A. Çiftçi, B. Yelmen, F. Ö. Değirmenci, Z. Kaya [22], Z. Kaya, B. Taşkıran, A. Uluğ et al. [23].

У публікаціях Ткача В. П. [14] досліджуються особливості росту і розвитку тополевих та інших листяних насаджень. Автор зазначає ключовий вплив механічного складу ґрунтів та рівня ґрунтових вод на розвиток лісів у заплавах.

Невідкладні екологічні проблеми придорожніх зелених насаджень Черкащини та їх резерви досліджували В. П. Шлапак, Ю. Ф. Терещенко, Т. С. Цьомра, Ю. М. Мельник [12, 13].

За останні роки тополю канадську визнано однією із найвищих і ефективних лісових порід у Європі. Перевага її полягає у швидкому рості, адже у 15–20 років вона дає максимальну кількість цінної деревини – 500–700 $м^3 \cdot га^{-1}$, тоді як хвойні та високостовбурні листяні породи зрідка дають такий запас у віці понад 100 років. Дослідження ходу росту тополі канадської показують, що ця порода заслуговує на широке впровадження. За вирощування тополі канадської вже у 30 років можна отримати стовбурової деревини 930 $м^3 \cdot га^{-1}$ та виростити дерева діаметром 34,4 см, причому щорічний приріст деревини складає до 30 $м^3 \cdot га^{-1}$.

Разом з тим слід визнати, що одним з найголовніших недоліків є те, що недостатньо враховуються лісотипологічні умови. Тому невідповідність умов середовища у вологолюбної тополі спричиняє передчасне відмирання насаджень і навіть повну загибель молодих дерев. Ігнорування другої особливості тополь – вимогливості до родючості ґрунту – також призводить до поганих результатів.

Мета дослідження – розробити основні агротехнологічні заходи з насіннєвого вирощування сіянців видів роду Тополі для створення захисних насаджень в умовах Центрального Лісостепу України.

Об'єкт дослідження – процес насіннєвого вирощування сіянців видів роду Тополі для створення енергетичних та захисних насаджень в умовах Центрального Лісостепу України.

Предмет дослідження – особливості насіннєвого розмноження видів роду Тополі на чорноземах Центрального Лісостепу України.

Матеріали та методи дослідження. Територія лежить у центрі лісостепової зони на кристалічних породах Українського щита, де розташований географічний центр усієї України, а ландшафти навколо міст Канева, Черкас та Умані є класичним прикладом лісостепу (ярки,

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

пагорби, дубово-грабові ліси та поля). Висота над рівнем моря становить від 160 м біля Дніпра до 270 м і більше на вододілах річок (наприклад, Росі та Гірського Тікичу). Поверхня розчленована річковими долинами, балками та ярами. Клімат помірно-континентальний із теплим літом і м'якою зимою. Переважають чорноземні ґрунти, які активно використовуються в сільському господарстві. Лісистість низька; невеликі лісові масиви збереглися переважно вздовж річкових долин та балок [5, 6].

Досліди були закладені в державному лісорозсаднику Уманського лісгоспу завідувачем П. К. Шлапаком, тепер Звенигородське надлісництво ДП «Ліси України» (Об'єкт 1) і завідувачем кафедри меліорації, геодезії, лісівництва і декоративного садівництва М. І. Бондаренком, нині кафедра лісового господарства Уманського національного університету (Об'єкт 2) та аспірантом цієї ж кафедри Р. В. Репяшником (наук. керівник проф. В. П. Шлапак) (Об'єкт 3) [3].

Методи, які використовувались, для проведення досліджень: польові – визначення взаємодії факторів об'єкта досліджень з погодними та агротехнічними чинниками; біометричні – для визначення біометричних показників рослин у процесі їх росту; селекційні – для порівняння морфологічних показників та продуктивності різних видів тополі при їх рості в однакових ґрунтово-кліматичних умовах. Математичної статистики – для обробки експериментальних даних [5, 6].

Основні результати дослідження. Рід Тополя (Populus L.) з родини вербових налічує понад 30–110 видів у світі. В Україні в дикорослому стані та в культурі зростає близько 11 видів (диких – 3–4 види: тополя біла, чорна та осика), а також багато інтродукованих і гібридних форм. Це швидкорослі дводомні дерева, що відіграють важливу роль в лісових екосистемах, зеленому будівництві, плантаційному вирощуванню та народній символіці України [2, 9, 11].

В Україні найбільш поширеними видами є:

– тополя чорна, або осокір (Populus nigra): дикоросле дерево заввишки до 30–35 м із темною потрісканою корою. Росте переважно вздовж річок, у вологих лісах та на заплавах [1, 2, 5];

– тополя біла, або сріблясta (Populus alba): відрізняється білуватою корою та листям із біловойлочним опушенням знизу. Зустрічається в річкових долинах та вологих місцях [5];

– тополя тремтяча, або осика (Populus tremula): поширена у лісовій та лісостеповій зонах. Має майже округлі листочки, які тремтять від найменшого подиху вітру [5];

– тополя пірамідальна (Populus pyramidalis): культивований вид із вузькопірамідальною кроною, який масово висаджували в містах, парках та вздовж доріг в Україні [5];

– тополя канадська, або дельтолиста (Populus deltoides): гібридний та інтродукований вид, що вирізняється швидким ростом і великими трикутними листками [4, 5].

Порівняльна характеристика стеблового (вегетативного) і насіннєвого (генеративного) розмноження тополі наведена в табл. 1.

Дослідження особливостей росту і розвитку та продуктивність плантацій верби і тополі на звичайних чорноземах Центрально-Придніпровської височинної області показали, що найбільша середня висота у восьмирічних рослин верби прутовидної спостерігалася за густоти садіння 15 тис. шт.·га$^{-1}$, де вона становила 9,6 м. Водночас середній діаметр основного пагонка становив 70 мм, кількість пагонів на одній рослині – 3,6 шт., або 54,0 тис. шт.·га$^{-1}$. Річний приріст за діаметром пагона склав 6,9–8,9 мм. У досліджуваного клону тополі найбільша висота рослин за восьмий рік вегетації зафіксована за густоти садіння 5,6 тис. шт.·га$^{-1}$ і склала 15,1 м, що в 1,6 рази вища за висоту верби прутовидної. Діаметр центрального пагона за цього варіанту був на рівні 215 мм, що у 3 рази перевищив висоту верби. Кількість пагонів виявлено в кількості 2,5 шт. на 1 рослині, або 30,0 тис. шт.·га$^{-1}$. Внесення комплексу мінеральних добрив (N80P300K300) посприяло збільшенню висоти рослин на 0,5–1,0 м, а товщини їх пагонів – на 11–22 мм.

Найвища урожайність енергетичної біомаси верби (132,0 т·га$^{-1}$ сирої маси та 74,2 т·га$^{-1}$ сухої) виявилася за густоти садіння 15 тис. шт. га$^{-1}$ та внесення у ґрунт мінеральних добрив. В той же час за восьмий вегетаційний період річний приріст урожайності верби виявився найменшим за всі роки досліджень – від 2,8 т·га$^{-1}$ за густоти садіння 18,0 тис. шт.·га$^{-1}$ та без внесення добрив до 4,1 т·га$^{-1}$ за густоти 15,0 тис. шт.·га$^{-1}$ із внесенням добрив. Водночас, за восьмирічний період вирощування тополі найвищою врожайністю сухої біомаси (133,1 т·га$^{-1}$) відзначався варіант із початковою густотою 6,7 тис. шт.·га$^{-1}$, що на 15,0 т·га$^{-1}$ більше порівняно з густотою 8,3 тис. шт.·га$^{-1}$ та на 4,3 т·га$^{-1}$ більше варіанту з висаджуванням 5,6 тис. шт.·га$^{-1}$ живців. Внесення добрив забезпечило підвищення

Таблиця 1

Порівняльна характеристика стеблового (вегетативного) і насіннєвого (генеративного) розмноження тополі

Критерій оцінки	Стеблове (живцювання)	Насіннєве (генеративне)
Збереження сорту	Повне (клонування ознак)	Не зберігається (нова комбінація генів)
Термін життєздатності матеріал	Високий (живці зберігають вологу)	Вкрай низький (насіння гине за 3–7 днів)
Швидкість приживлення	Висока приживлюваність у перший рік	Низька, сходи слабкі й вимогливі
Використання в господарстві	Основний метод для лісівництва та плантацій	Тільки для селекційної роботи та виведення нових видів, сортів та гібридів

урожайності на всіх варіантах досліду від 13,4 до 22,4 т·га$^{-1}$ сухої біомаси. За останній, восьмий рік вирощування енергетичної біомаси тополі річний приріст сухої біомаси становив від 14,7 т·га$^{-1}$ за садіння 8,3 тис. живців на га$^{-1}$ га без внесення добрив до 19,4 т·га$^{-1}$ за густоти 5,6 тис. шт.·га$^{-1}$ із внесенням мінеральних добрив.

Одним з важливих завдань, що сприяє збереженню біорізноманіття рослин та їх раціонального використання є виявлення їхньої репродуктивної здатності і найбільш оптимальних методів розмноження. Труднощі розмноження тополь і верб насінням полягає в тому, що в них дуже дрібне насіння, швидко втрачає схожість, воно важко піддається очищенню і не завжди дає добрі сходи. У літературних джерелах минулих років рекомендують збирати, очищати і сіяти насіння верб і тополь найрізноманітнішими способами [11].

Насіннєве розмноження є необхідною умовою для продовження існування популяцій, можливості збільшення чисельності особин і заселення нових територій. Крім цього, насіннєвий спосіб розмноження є простим та економічно вигідним і дозволяє отримати садивний матеріал у великій кількості.

Цю роботу потрібно виконувати секатором на палиці або ж пилкою-ножівкою з таким розрахунком, щоб не порушувати загальної архітектоніки крони дерева. Зібрані сережки у дослідах частково висівали поверхнево в той же день на грядки або в парники, а також зберігали на зрізаних гілках у підвальному прохолодному приміщенні. За такого зберігання сережок і зрізаних гілок із листям та сережками, коробочки зберігаються, не розкриваючись більше чотирьох тижнів. За час зберігання в цих умовах насіння тополь не втрачали схожості і за сівби давали дружні сходи. Як повідомляють Геркіял О. М., Шлапак В. П., Мостов'як І. І. [3] посилаючись на М. І. Бондаренка, очищене насіння, що зберігалося у відкритому, світлому і теплому приміщенні, підсихало і втрачало посівні якості протягом одного-двох тижнів. У нашій практиці вирощування сіянців тополь і верб, був використаний спосіб сівби обтрушеним насінням, розкритими і нерозкритими коробочками, а також цілими сережками і плодоносними гілками. Сівба тополь і верб насінням, звільненим від коробочок є самий зручний способом насіннєвого розмноження, так як з його допомогою можна більш рівномірно висівати насіння. Однак, очищення насіння цих порід – надто клопітна і непродуктивна робота. Посів тополь насінням з пушком забирає багато часу, розкласти насіння рівним шаром неможливо, а при сівбі товстим шаром воно погано проростає, тобто частина насіння хоча і накльовується, але не може пробити щільного шару коробочки і загнивається. Те ж відбувалося і тоді, коли насіння висівали цілими коробочками або сережками у вологий ґрунт, при дуже глибокому загортанні землею і поливі. Запропонований М. І. Бондаренком більш простий і дуже доступний спосіб сівби насіння тополь і верб виявився практично більш придатним для використання у виробництві. Оскільки найкращі сходи тополь і верб отримують за сівби їх свіжозібраним насінням, техніка запропонованого ним способу сівби зводиться до наступного:

1. Грядки до сівби готують завчасно, з таким розрахунком, щоб ґрунт на грядках трохи підсох.

2. Довжину грядок бажано робити 12–15 м, завширшки – 100–120 см, тобто вони повинні бути невеликими, зручними для догляду за посівами.

3. На приготованих грядках ґрунт трохи утрамбовують дощечкою для того, щоб поверхня для посіву була рівною.

4. Підготовлені таким чином грядки маркують спеціальними маркерами з міжряддям 15–20 см.

5. Свіжозібрані коробочки тополь відривають від сережок і рівним шаром розкладають в борозни на відстані 2–3 см або ж розкидають по всій грядці.

Такий спосіб сівби не потребує значних затрат часу та є простим у виконанні. Коробочки, висіяні на грядки у сухий ґрунт, у сонячну тиху погоду через 2–3 години розкриваються. Якщо під час сівби стоїть вітряна погода, насінини з опушенням можуть бути віднесені вітром, тому, по мірі розкриття коробочок, їх присипають сухим ґрунтом, тирсою або іншим сухим матеріалом. Найкращим матеріалом є суха тирса. Після того, як основна маса коробочок розкрилася, посіви слід трішечки збризнути водою з лійки з дрібним ситечком, щоб уникнути знесення насіння сильним струменем води. Змочені посіви потім засипають рівним тонким шаром тирси, яка добре затримує вологу, а також захищає ґрунт від висихання та запобігає утворення кірки. Потім поливають невеликими порціями в два-три прийоми, щоб тільки підтримувати посіви у вологому стані. Насіння тополь і верб, потрапивши у вологе середовище, протягом 8–9 годин після сівбу за теплої погоди накльовується, а через одну-дві доби проростає.

У табл. 2 наведено результати з'ясування, за якої норми висіву можна отримати найбільшу

Таблиця 2

Норми висіву видів роду Тополя (середні дані)

Місце досліду	Тополя біла			Тополя канадська			Тополя чорна		
	Кількість сходів на 1 пог. м за посіву в рядках, шт. за фракціями, г								
	0,3 г	0,6 г	1,0 г	0,3, г	0,6 г	1,0 г	0,3 г	0,6 г	1,0 г
(Об'єкт 2)	77	73	74	62	115	125	66	52	69
(Об'єкт 1)	128	138	189	43	117	117	41	52	73
(Об'єкт 3)	98	119	154	52	88	103	55	54	65
$НІР_{05}$	2,34	2,28	2,14	2,65	2,12	2,76	2,82	2,69	2,03

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

кількість добре розвинених сіянців тополі білої, тополі канадської і тополі чорної. Вивчалися норми висіву з розрахунку 0,3 г, 0,6 г і 1,0 г на 1 погонний метр рядка.

Як видно з табл. 2, отримані дані показують, що у більшості рядків кількість сходів зі збільшенням норми висіву збільшується. Однак у тополі білої кількість сходів на 1 пог. м за посіву в рядках за фракціями знаходиться в межах 73–77 г. Відпад сіянців тополі канадської показав, що він за всіх норм висіву йде майже однаково. Найменша істотна різниця знаходилась у межах норми (2,03–2,82), що свідчить про достовірність проведених досліджень.

Вихід сіянців та їх ріст подано в табл. 3. Аналізуючи показники наявності сіянців та їх ріст за різних норм висіву насіння на період інвентаризації (табл. 3) видно насамперед, що за усіх норм висіву, від 0,3 до 1,0 г на 1 погонний метр, вихід сіянців цілком задовільний. Звертає на себе увагу, що за норм висіву 1 г на 1 погонний метр, помітно збільшується вихід сіянців. Слід зазначити, що кількість сіянців тополі канадської не залежно від норм висіву знаходиться в межах від 24 до 37 штук на 1 погонний метр, тоді як висота їх коливається від 20 до 35 см. Така ж закономірність виявлена у тополі канадської і тополі чорної. За такої густоти висота сіянців придатна для садіння лісових культур, плантаційного лісовирощування та залісення ярів та балок. Таким чином, для виробничого посіву можна рекомендувати норму висіву 1г насіння на 1 погонний метр. Найменша істотна різниця знаходилась у межах норми (2,13–2,45), що свідчить про достовірність проведених досліджень.

Зазвичай, сіянці видів роду Тополь традиційно прийнято вирощувати з використанням покриття посівів. У дослідах наведених в табл. 3, вивчали необхідність застосування покриття та його вид. Як покриття використовували солому та гілки, які пухко укладали поперек посівних рядків тополі, щоб між ними залишалися просвіти, через які було б видно поверхню ґрунту для проникнення світла і повітря. На 15-й день покриття прибирали.

Так як у дослідах з покриттям потрібно було проріджувати сходи, тому порівнювати вихід сіянців за різних видів покриття важко. Наводимо дані про кількість сіянців на 1 погонний метр до проріджування (табл. 4).

Аналізуючи табл. 4 видно, що найбільша кількість сіянців у дослідних тополь на 1 погонному метрі виявлена у обох варіантах за посіву без покриття. Найбільша їх кількість 85 і 78 штук простежується у тополі білої, а найменша 74 і 67 штук зафіксована у тополі чорної, що відповідно менше у порівнянні з тополею білою. Аналізуючи вихід кількості тополь з 1 погонного метра вирощених під накриттям соломою і гіллям бачимо, що у всіх варіантах кількість тополь накритих соломою значно переважає кількість тополь накритих гіллям. Водночас така закономірність не простежується у тополі чорної, де показники виходу сіянців з накриттям гіллям у обох варіантах вищі у порівнянні з виходом сіянців накритих соломою. Найменша істотна різниця знаходилась у межах норми (1,01–2,43), що свідчить про достовірність проведених досліджень.

Таким чином, у спекотні сонячні дні достатньо рядові посіви сіянців різних видів роду Тополі

Таблиця 3

Залишок сіянців та їх ріст на період інвентаризації

Місце досліду	Норма висіву, г	Тополя біла		Тополя канадська		Тополя чорна	
		Сіянці на одному погонному метрі, шт.	Висота, см	Сіянці на одному погонному метрі, шт.	Висота, см	Сіянці на одному погонному метрі, шт.	Висота, см
(Об'єкт 2)	0,3	28	25	30	28	24	37
	0,6	25	29	31	34	24	43
	1,0	35	33	35	32	33	42
(Об'єкт 1)	0,3	27	20	34	24	20	25
	0,6	30	23	24	27	21	28
	1,0	37	28	31	29	28	35
(Об'єкт 3)	0,3	24	24	26	24	23	26
	0,6	26	27	25	26	22	29
	1,0	31	35	31	32	29	33
$НІР_{05}$		2,13	2,18	2,17	2,18	2,45	2,38

Таблиця 4

Кількість сіянців тополі на 1 погонний метр, шт

Місце досліду	Тополя біла			Тополя канадська			Тополя чорна		
	покриття		без покриття	покриття		без покриття	покриття		без покриття
	соломою	гіллям		соломою	гіллям		соломою	гіллям	
(Об'єкт 2)	72	61	85	83	57	78	42	55	67
(Об'єкт 1)	75	63	78	84	59	73	37	52	74
$НІР_{05}$	1,01	1,03	2,10	2,43	2,11	1,98	2,01	1,07	2,22

Таблиця 5

Показник висоти сіянців за варіантами дослідів, см

Місце досліду	Варіанти досліду	Середня висота сіянців, см		
		Тополя біла	Тополя канадська	Тополя чорна
(Об'єкт 2)	Без покриття	51	48	57
	Покриття соломою	35	35	51
	Покриття гіллям	34	36	48
(Об'єкт 3)	Без покриття	22	28	26
	Покриття соломою	15	16	17
	Покриття гіллям	19	18	15
$НІР_{05}$		2,14	2,23	2,47

Таблиця 6

Показник висоти сіянців за варіантами дослідів, см

Місце досліду	Варіанти досліду	Тополя біла		Тополя канадська		Тополя чорна	
		Сіянці на одному погонному метрі, шт.	Висота, см	Сіянці на одному погонному метрі, шт.	Висота, см	Сіянці на одному погонному метрі, шт.	Висота, см
(Об'єкт 2)	Засипка перегноєм-сипцем	28	38	27	34	34	35
	Засипка тирсою	16	27	22	32	35	31
	Без засипки	19	54	24	53	30	57
(Об'єкт 1)	Засипка перегноєм-сипцем	34	36	31	45	42	38
	Засипка тирсою	25	26	21	28	36	33
	Без засипки	42	49	61	53	26	47
$НІР_{05}$		2,34	2,25	2,45	2,13	2,56	2,61

затінювати щитами або гілками з листям, не накриваючи рядки посіву.

Висота сіянців за варіантами дослідів показана в табл. 5. Як видно з табл. 5, у більшості випадків сіянці вирощені без покриття є потужнішими з перших днів і надалі ростуть краще, що підтверджують обміри, зроблені наприкінці вегетаційного періоду. Середня висота за дослідними варіантами коливається від 48 до 57 см (перший варіант) і від 22 до 28 см (другий варіант), що в 2 рази менша в порівнянні з першим варіантом. Це можна пояснити різною інтенсивністю поливу. Переважно така ж закономірність простежується із ростом сіянців за покриття рядків соломою і гіллям. Найменша істотна різниця знаходилась у межах норми (2,14–2,47), що свідчить про достовірність проведених досліджень.

Таким чином, досліди показують, що вологість ґрунту, не залежно від його родючості, є лімітуючим показником росту і розвитку сіянців тополі білої, тополі канадської та тополі чорної. Кількість сіянців тополі за вирощування без покриття не зменшується, а якість їх значно покращується. Тому застосовувати покриття посівів тополі там, де можна забезпечити регулярний полив, недоцільно.

У дослідах із висіву насіння тополі білої, тополі канадської та тополі чорної випробовувалося засипання насіння перегноєм-сипцем і тирсою. Сипкий матеріал застосовувався дрібний, просіяний через сито. Товщина загортання 2–3 мм. Контролем служили ділянки без покриття та без загортання. Наводимо дані цих дослідів (табл. 6).

Як видно з табл. 6, за засипки висіяного насіння тирсою товщиною 2–3 мм значно знижується кількість сіянців дослідних тополь та їх якість. Висота їх знаходиться в межах 27–32 см в першому варіанті і 26–33 см в другому варіанті. У варіанті з присипкою рядка з насінням тополі перегноєм-сипцем виходить достатня кількість добре розвинених сіянців. Висота їх коливається в першому варіанті від 34 до 38 см, у другому варіанті від 36 до 45 см. Найменша істотна різниця знаходилась у межах норми (2,13–2,61), що свідчить про достовірність проведених досліджень.

Тому можна рекомендувати засипання насіння тополь перегноєм-сипцем дуже тонким шаром (2–3 мм). Звертає на себе увагу насіннєве вирощування тополі білої, тополі канадської та тополі чорної без засипання посівів перегноєм-сипцем чи тирсою. Сіянці у обох варіантах досліду мають найвищу висоту.

У дослідах із поливом з'ясовано, що за вирощування сіянців без притрушування рядків тополі соломою, тирсою, гіллям, перегноєм-сипцем та іншим сипучим матеріалом, слід у першу декаду поливати посіви тричі на день, у другу – двічі, у третю – один раз. Через 30–40 днів полив припиняти.

Висновки.

1. Результати проведеного обстеження свідчать про досить обмежені територіальні можливості вирощування культур тополі із-за вибагливості їх до вологості і родючості ґрунту в умовах Центральної Придніпровсткої височинної області. У сухих лісорослинних умовах вони передчасно

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

відмирають, тоді як у сирих місцезростаннях, незважаючи на високу загальну продуктивність, насадження тополі формують деревину, значна частина якої внаслідок ураження гниллю є непридатною для використання. На бідних піщаних ґрунтах тополя за інтенсивністю росту не має переваг перед сосною.

2. Встановлено, що норми висіву тополі білої, тополі канадської і тополі чорної з розрахунку 0,3 г, 0,6 г і 1,0 г на 1 погонний метр рядка показують, що у більшості рядків кількість сходів зі збільшенням норми висіву збільшується. Однак у тополі білої кількість сходів на 1 пог. м за посіву в рядках за фракціями знаходиться в межах 73-77 г. Відпад сіянців тополі канадської показав, що він за всіх норм висіву йде майже однаково.

3. Доведено, що ріст сіянців за усіх норм висіву, від 0,3 до 1,0 г на 1 погонний метр цілком задовільний. Кількість сіянців тополі канадської не залежно від норм висіву знаходиться в межах від 24 до 37 штук на 1 погонний метр, тоді як висота їх коливається від 20 до 35 см.

4. З'ясовано, що у всіх варіантах вихід тополь накритих соломою значно переважає кількість отриманих тополь накритих гіллям.

5. Звертає на себе увагу насіннєве вирощування тополі білої, тополі канадської та тополі чорної без засипання посівів перегноєм-сипцем чи тирсою. Сіянці у обох варіантах досліду мають найвищу висоту.

6. Виявлено, що за вирощування сіянців без притрушування рядків тополі соломою, тирсою, гіллям, перегноєм-сипцем та іншим сипучим матеріалом, слід у першу декаду поливати посіви тричі на день, у другу – двічі, у третю – один раз. Через 30–40 днів полив припиняти.

Подяки. Дане дослідження виконувалося у 2024–2026 роках відповідно до загальноуніверситетської наукової тематики Уманського національного університету «Збалансоване використання, прогнозування та управління природно-ресурсним потенціалом агроекосистем України» (0121U112521) та «Природні ресурси України – збереження, раціональне (збалансоване) використання інноваційних технологій» (0126U000146).

Фінансування дослідження. Автори заявляють, що дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Відсутній.

Авторський внесок.

Шлапак В. П.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; розробка програмного забезпечення; валідація відтворюваності результатів; забезпечення ресурсами та обладнанням; підготовка рукопису – перегляд і редагування; наукове керівництво; адміністрування процесу.

Козаченко І. В: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; валідація відтворюваності результатів; аналіз даних; проведення експерименту; забезпечення ресурсами та обладнанням; управління даними; адміністрування процесу; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування; графічне представлення результатів.

Адаменко С. А.: підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування; графічне представлення результатів.

Парубок М. І.: визначення концепції дослідження; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ-асистовані технології не використовувалися.

References

1. Analitychna zapyska BAU № 10 (2014). «Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku bioenerhetyky v Ukraini». [BAU Analytical Note No. 10 (2014). 'The Current State and Prospects for the Development of Bioenergy in Ukraine'.] URL: www.uabio.org/activity/uabio-analytics [in Ukrainian]

2. Bordus O.O. (2023). Vyroshchuvannia sadyvnoho materialu topoli inozemnoi ta vitchyznianoi selektsii dlia stvorennia enerhetychnykh plantatsii v umovakh Tsentralnoho Lisostepu Ukrainy. dys. … na zdobuttia stupenia doktora filosofii. 201 – «Ahronomiia». [The cultivation of poplar planting stock of foreign and domestic varieties for the establishment of energy plantations in the Central Forest-Steppe region of Ukraine. Thesis … for the degree of Doctor of Philosophy]. Instytut bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv NAAN Ukrainy, Kyiv, 185 s. [in Ukrainian]

3. Herkiial O. M., Shlapak V. P., Mostoviak I. I. (2013). Umanskyi natsionalnyi universytet sadivnytstva: shliakh vid sadivnyka do mahistra sadovo-parkovoho hospodarstva. [Uman National University of Horticulture: the path from gardener to Master's graduate in horticulture and landscape management]. *Aktualni problemy rozvytku lisovoho i sadovo-parkovoho hospodarstva. Pershi Annenkovski chytannia* : zbirnyk tez mizhkaf. nauk. seminaru. Uman, S. 4–11. [in Ukrainian]

4. Maurer V. M., Shylin I. S., (Odarchenko I. S.). (2014). Suchasnyi stan ta shliakhy intensyfikatsii plantatsiinoho lisovyroshchuvannia topoli na Volyni. [The current situation and ways to intensify poplar plantation forestry in Volyn]. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy*, Vyp. 198, Ch. 2. S. 137-144. [in Ukrainian]

5. Metodychni rekomendatsii z tekhnolohii vyroshchuvannia enerhetychnykh plantatsii verby ta topoli [Guidance on the cultivation of willow and poplar energy plantations]. [Fuchylo Ya.D. ta in.], (2021). Kyiv : TsP «Komprynt», 24 s. [in Ukrainian]

6. Metodolohiia doslidzhennia enerhetychnykh plantatsii verb i topol : monohrafiia [A Methodology for Research into Energy Plantations of Willows and Poplars: a monograph] : [Fuchylo Ya. D., Sinchenko V. M., Hanzhenko O. M. ta in]. Kyiv : Komprynt, (2018). 137 s. [in Ukrainian]

7. Nandal D. S., Khuda M. S. (2005). *Vyrobnychyi potentsial deiakykh silskohospodarskykh kultur pid*

riznym rozsadzhenniam topoli. [The yield potential of certain agricultural crops under various poplar planting schemes]. Prom Dzh. Ahrofor, №7, 16–20. [in Ukrainian]

8. Opys ta kharakterystyka roslyny topolia [Description and characteristics of the poplar tree]. URL: https://agrarii-razom.com.ua/plants/topolya [in Ukrainian]

9. Pavlenko F. A., Starova N. V. (2003). *Rist ta produktyvnist topoli v tsentralnomu Lisostepu*. [Growth and productivity of poplars in the Central Forest-Steppe]. Kyiv : Urozhai, 178 s. [in Ukrainian]

10. Sydorenko V. O. (2002). *Vyroshchennia siiantsiv topoli na Ukraini*. [Growing poplar seedlings in Ukraine]. Kyiv : Urozhai, 17 s. [in Ukrainian]

11. Skurtul K. V. (2020). *Ahroekolohichna otsinka vplyvu zmin klimatu na umovy vyroshchuvannia ta produktyvnist enerhoplantatsii topoli v Lisostepu*. [An agroecological assessment of the impact of climate change on growing conditions and the productivity of poplar energy plantations in the Forest-Steppe]. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/8213/1/Skurtul%20KV_Agroekologichna _ocinka_M_2020.pdf [in Ukrainian]

12. Shlapak V. P., Tereshchenko Yu. F., Tsomra T. S., Melnyk Yu. M. (2009). Rezervy prydorozhnikh zelenykh nasadzhen Cherkashchyny. [The reserves of roadside green spaces in the Cherkasy region]. *zb. nauk. prats UDAU*. Chastyna 1. Ahronomiia. Uman, Vyp. 70, S. 102–109. [in Ukrainian]

13. Shlapak V. P., Tereshchenko Yu. F., Tsomra T. S., Melnyk Yu. M. (2009). Nevidkladni ekolohichni problemy prydorozhnikh zelenykh nasadzhen Cherkashchyny. [Urgent environmental issues affecting roadside green spaces in the Cherkasy region]. *Ekolohiia – shliakhy harmonizatsii vidnosyn pryrody ta suspilstva*. zb. mizhvuz. nauk. konf. (23–24 kvitnia 2009 r.). Uman : UDAU, S. 91–92. [in Ukrainian]

14. Tkach V. P. (1999). *Zaplavni lisy Ukrainy*. [Floodplain forests of Ukraine. Kharkiv]. Kharkiv : Pravo, 368 s. [in Ukrainian]

15. Torosova L.O., Vysotska N.Yu., Los S.A., Orlovska T.V., Zolotykh I.V. (2015). Doslidzhennia predstavnykiv rodu *Populus* za morfolohichnymy oznakamy. [A study of species of the genus *Populus* based on morphological characteristics]. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiia*. Vyp. 126. S. 148-157. [in Ukrainian]

16. Fuchylo D. Ya. (2015). Dobir kultyvariv topoli dlia plantatsiinoho vyroshchuvannia v umovakh svizhoi sudibrovy Kyivskoho Polissia. [Selection of poplar cultivars for plantation cultivation in the fresh sudrovy forest of the Kyiv Polissya]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho lisotekhnichnoho universytetu Ukrainy*, Vyp. 25.5. S. 106-110. [in Ukrainian]

17. Fuchylo Ya. D., Bordus O. O. (2022). Vyroshchuvannia odnorichnykh zhyvtsevykh sadzhantsiv topoli v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu. [Growing annual poplar cuttings in the Right-Bank Forest-Steppe]. *Naukovi pratsi LANU*, Vyp. 24, S. 129–135. https://doi.org/10.15421/412211 [in Ukrainian]

18. Fuchylo Ya. D., Sbytna M. V., Fuchylo O. Ya., Litvin V. M. (2009). Dosvid ta perspektyvy vyroshchuvannia topoli (*Populus* sp. l.) v pivdennomu stepu Ukrainy. [Experience and prospects for poplar (*Populus* sp. l.) cultivation in the southern steppe of Ukraine]. *Naukovi pratsi Lisovoi akademii nauk Ukrainy*, Vyp. 7, S. 66–69. [in Ukrainian]

19. Shylin I.S. (2015). Predstavnyky rodu topolia (Ropulus genus) yak holovni kultyvary dlia plantatsiinoho lisovyroshchuvannia. [Species of the *Populus* genus as the main cultivars for plantation forestry]. *Lisove i sadovoparkove hospodarstvo*. №7. URL: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lis/article/view/9581 [in Ukrainian]

20. Broeckx L. S., Verlinden M. S., Ceulemans R. (2012). Establishment and two-year growth of a bio-energy plantation with fast-growing Populus trees in Flanders (Belgium): effects of genotype and former land use. *Biomass Bioenerg*., Vol. 42. P. 151–163. doi: 10.1016/j.biombioe.2012.03.005 118.

21. Bullard M.J., Mustil S.J., McMillan S.D., Nixon P.M.I., Carver P., Britt C.P. (2022). Yield improvements through modification of planting density and harvest frequency in short rotation coppice *Salix* spp. 1. Yield response in two morphologically diverse varieties. *Biomass Bioenergy*, №22, P. 15–25.

22. Çiftçi A. Yelmen B., Değirmenci F. Ö., Kaya Z. (2020). Impact of biased sex ratio on the genetic diversity, structure, and differentiation of *Populus nigra* (European black poplar). *Botany*, 98(10). P. 603-613. https://doi.org/10.1139/cjb-2020-0046

23. Kaya Z. Taşkıran B., Uluğ A. et al. (2023). Association genetics of wood traits in European black poplar (*Populus nigra* L.). *Tree Genetics & Genomes*. №19, Art. https://doi.org/10.1007/s11295-023-01612-y

24. Mann J. (2022). Comparison of Yield, Calorific Value and Ash Content in Woody and Herbaceous Biomass used for Bioenergy Production in Southern Ontario, Canada : A Thesis Presented to The University of Guelph. Guelph, Ontario, Canada, 106 p. URL: https://atrium.lib.uoguelph.ca/xmlui/bitstream/handle/10214/3959/Mann%20Thesis%20Defense%20Revised%202.pdf?sequence=1

25. Toillon J., Priault, P., Dallé, E. et al. (2021). Early effects of two planting densities on growth dynamics and wateruse efficiency in *Robinia pseudoacacia* (L.) and *Populus deltoides* (Bartr. ex Marsh.) × *P. nigra* (L.) short rotation plantations. *Annals of Forest Science*. №78, Art. 73. https://doi.org/10.1007/s13595-021– 01087-8

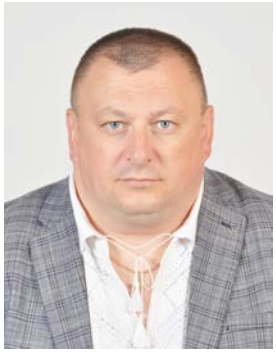
26. Tullus A. Rytter, T. Tullus et al. (2012). Short-rotation forestry with hybrid aspen (*Populus tremula* L.×*P. tremuloides* Michx.) in Northern Europe. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Vol. 27, Issue 1. P. 10–29 http://dx.doi.org/10.1080/02827581.2011.628949.

Дата першого надходження статті до видання: 16.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 635.64:631.527:631.54
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-161-167



С. В. Щетина
доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри овочівництва,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: sv_shetina@ukr.net
orcid.org/0000-0001-8504-2944



В. В. Кецкало
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри овочівництва,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: viktoriya_keckalo@ukr.net
orcid.org/0000-0002-9137-6470

ВПЛИВ ГІБРИДУ І ВІКУ РОЗСАДИ НА РІСТ, РОЗВИТОК ТА ВРОЖАЙНІСТЬ ПОМІДОРА

Помідор (Solanum lycopersicum L.) є однією з найбільш поширених і технологічно значущих овочевих культур, виробництво якої у відкритому ґрунті переважно здійснюють розсадним способом. Одним із ключових технологічних чинників, що визначає подальший ріст, розвиток, адаптацію та продуктивність рослин, є вік розсади на момент висаджування. Тривалість розсадного періоду безпосередньо впливає на формування морфометричних показників, розвиток кореневої системи, площу листкової поверхні, накопичення сухої речовини та здатність рослин швидко адаптуватися до умов відкритого ґрунту. Оптимальний вік розсади є важливим елементом технології вирощування, оскільки недостатньо сформовані рослини можуть мати обмежений асиміляційний апарат і слабку кореневу систему, тоді як надмірно старі та перерослі рослини характеризуються порушенням співвідношення між надземною і кореневою частинами та повільнішою адаптацією після пересаджування. У зв'язку з цим календарний вік не може бути єдиним критерієм готовності розсади до висаджування. Об'єктивна оцінка її якості має враховувати висоту рослин, діаметр стебла, кількість і площу листків, розвиток кореневої системи, накопичення сухої біомаси, співвідношення надземної та кореневої маси, а також інтегральні показники якості. Важливе значення у формуванні продуктивності має генотипна специфіка гібридів, яка зумовлює різну реакцію рослин на тривалість розсадного періоду. Водночас якість розсади залежить від комплексу технологічних чинників, зокрема властивостей субстрату, площі живлення, освітлення, температурного режиму та рівня мінерального живлення. Їх оптимізація створює передумови для формування фізіологічно повноцінного посадкового матеріалу та реалізації потенціалу продуктивності культури. Тому встановлення оптимального віку розсади з урахуванням сортових і гібридних особливостей є важливим завданням сучасної технології вирощування помідора. Особливої актуальності це набуває для умов Правобережного Лісостепу України, де ефективність використання розсадного способу значною мірою визначається відповідністю фізіологічного стану рослин умовам їх подальшого вирощування у відкритому ґрунті.
Ключові слова: *гібрид, ріст і розвиток рослин, адаптація розсади, морфометричні показники, урожайність.*

S. V. Shchetyna
Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Vegetable Growing,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: sv_shetina@ukr.net
orcid.org/0000-0001-8504-2944
V. V. Keckalo
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Vegetable Growing,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: viktoriya_keckalo@ukr.net
orcid.org/0000-0002-9137-6470

INFLUENCE OF HYBRID AND SEEDLING AGE ON TOMATO GROWTH, DEVELOPMENT AND YIELD

Tomato (Solanum lycopersicum L.) is one of the most common and technologically important vegetable crops, the production of which in open ground is mainly carried out by the seedling method. One of the key technological factors that determines the further growth, development, adaptation and productivity of plants is the age of the seedling at the time of planting. The

duration of the seedling period directly affects the formation of morphometric indicators, the development of the root system, the area of the leaf surface, the accumulation of dry matter and the ability of plants to quickly adapt to open ground conditions. The optimal age of the seedling is an important element of the cultivation technology, since insufficiently formed plants may have a limited assimilation apparatus and a weak root system, while excessively old and overgrown plants are characterized by a violation of the ratio between the above-ground and root parts and slower adaptation after transplanting. In this regard, calendar age cannot be the only criterion for the readiness of seedlings for planting. An objective assessment of its quality should take into account the height of plants, stem diameter, number and area of leaves, development of the root system, accumulation of dry biomass, ratio of aboveground and root mass, as well as integral quality indicators. Of great importance in the formation of productivity is the genotypic specificity of hybrids, which determines the different reaction of plants to the duration of the seedling period. At the same time, the quality of seedlings depends on a complex of technological factors, in particular the properties of the substrate, the area of nutrition, lighting, temperature regime and the level of mineral nutrition. Their optimization creates the prerequisites for the formation of physiologically complete planting material and the realization of the potential of crop productivity. Therefore, establishing the optimal age of seedlings, taking into account varietal and hybrid characteristics, is an important task of modern tomato growing technology. This is especially relevant for the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, where the effectiveness of using the seedling method is largely determined by the correspondence of the physiological state of plants to the conditions of their further cultivation in open ground.
Key words: *hybrid, plant growth and development, seedling adaptation, morphometric parameters, yield.*

Постановка проблеми. Помідор (*Solanum lycopersicum* L.) є однією з провідних овочевих культур, що має важливе продовольче та господарське значення. Висока харчова цінність плодів, різноманітність напрямів використання та можливість отримання ранньої продукції зумовлюють широке поширення культури у відкритому ґрунті. Водночас вимоги помідора до температурного режиму та тривалості вегетації визначають важливість розсадного способу вирощування, який сприяє скороченню періоду до плодоношення, ранньому формуванню врожаю та ефективнішому використанню сприятливого періоду вегетації.

Одним із визначальних чинників якості розсади є її вік на момент висаджування. Зі збільшенням тривалості розсадного періоду змінюються висота рослин, діаметр стебла, кількість і площа листків, розвиток кореневої системи та накопичення сухої речовини. Проте більший календарний вік не завжди відповідає вищій якості розсади. Надмірне її вирощування може спричиняти переростання, порушення співвідношення надземної та кореневої частин, погіршення приживлюваності й подовження адаптації після пересаджування.

Особливої актуальності проблема набуває в умовах Правобережного Лісостепу України, де строки висаджування помідора у відкритий ґрунт значною мірою залежать від температурного режиму та ризику несприятливих погодних умов. За таких обставин важливо використовувати розсаду з оптимальними морфометричними характеристиками, добре розвиненою кореневою системою та високою адаптаційною здатністю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Помідор (*Solanum lycopersicum* L.) є однією з найбільш поширених овочевих культур, продуктивність якої визначається взаємодією генотипу, умов вирощування та технологічних прийомів. Важливим елементом технології є розсадний спосіб вирощування, оскільки якість посадкового матеріалу впливає на адаптацію рослин після висаджування, строки плодоношення та формування врожаю. Особливої актуальності це набуває в умовах Правобережного Лісостепу України через нестабільність температурного режиму у весняний період.

Українські дослідження підтверджують істотний вплив генотипу на продуктивність та адаптивність помідора. Воробйова Н. В. встановила значні сортові відмінності за урожайністю та адаптивністю рослин у Лісостепу України [1]. У Правобережному Лісостепу України виявлено істотну адаптивну мінливість гібридів: середня урожайність Силует F_1, Bostina F_1 та Brightina F_1 становила відповідно 49,7; 48,9 та 49,8 т/га [2]. Уляних О. І. та співавтори також встановили залежність урожайності від кількості квіток і плодів у кисті [3]. Відмінності між гібридами за площею листкової поверхні, товарною урожайністю, тривалістю плодоношення та товарністю плодів підтверджено й для помідора черрі [4]. Отже, генотип є одним із визначальних чинників реалізації продуктивного потенціалу культури.

Водночас значення має не лише генотип, а й якість розсади на момент висаджування. Silva T. V. та співавтори встановили, що вік розсади впливає на подальший ріст і продуктивність помідора [5]. При цьому календарний вік не завжди повністю характеризує готовність рослин до пересаджування. Zheng J. та співавтори при оцінюванні реакції помідора на низькотемпературний стрес враховували кількість справжніх листків і накопичену суму ефективних температур, що свідчить про доцільність комплексної оцінки фізіологічної готовності розсади [6]. Надмірно молода або недостатньо сформована розсада може повільніше адаптуватися, тоді як надмірне продовження розсадного періоду не обов'язково забезпечує відповідне підвищення продуктивності.

Формування якісної розсади залежить від комплексу технологічних чинників. Moncada A. та співавтори встановили вплив фертигації та стимулюючих препаратів на якість розсади і розвиток рослин після пересаджування [7]. Значення має також субстрат: дослідження на гібриді Maxitoc F_1 показали залежність якості розсади та врожайності від його складу [8], що узгоджується з результатами Sandoval-Castro та співавторів щодо впливу субстрату, поживного розчину і стимулятора коренеутворення [9].

Для умов України перспективним є поєднання високопродуктивного гібридного матеріалу з технологіями формування фізіологічно повноцінної розсади. Дослідження органічних

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

технологій підтверджують можливість отримання продуктивних насаджень помідора в умовах Лісостепу України [10]. Позитивний вплив на ростові процеси також виявлено за застосування регуляторів росту, фульвокислот та інших біостимуляторів [11, 12]. Перспективними напрямами залишаються використання біостимуляторів, мелатоніну, біочару та інших засобів для підтримання росту, фотосинтетичної активності й стійкості рослин за дефіциту води та інших несприятливих умов [13].

Таким чином, сучасні дослідження свідчать, що продуктивність помідора формується в результаті складної взаємодії генотипу та технологічних умов вирощування, а вік розсади є важливою складовою цієї взаємодії. Водночас результати досліджень, отримані в різних ґрунтово-кліматичних умовах, не можуть бути безпосередньо перенесені на Правобережний Лісостеп України. Недостатньо досліджено комплексну взаємодію «гібрид × вік розсади» щодо росту, розвитку та врожайності сучасних гібридів помідора у відкритому ґрунті цієї зони, що й визначило напрям проведених досліджень.

Мета статті полягала у встановлення закономірностей росту, розвитку та формування врожайності рослин помідора залежно від генотипних особливостей гібридів і тривалості розсадного періоду, а також визначення найбільш ефективного поєднання досліджуваних чинників для отримання продуктивного посадкового матеріалу та його подальшої реалізації в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріали та методи дослідження. Матеріалом досліджень були рослини помідора (*Solanum lycopersicum* L.) двох гібридів, що відрізнялися походженням, генотипом та тривалістю перебування у Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні: Н 4510 F_1 (Нідерланди, 2024 р.) та Аріозо F_1 (Україна, 2015 р.). Вибір зазначених гібридів зумовлений необхідністю порівняти реакцію сучасного та раніше зареєстрованого генотипів на зміну тривалості розсадного періоду.

Дослідження проводили упродовж 2024–2025 рр. на дослідній базі Уманського національного університету. За методикою дослідної справи в овочівництві і баштанництві [14]. Схема досліду передбачала вивчення двох факторів: фактор А – гібрид, фактор В – вік розсади. Для дослідження використовували розсаду віком 30, 40, 50 і 60 діб. Контрольним варіантом прийнято рослини гібридів, вирощені протягом 40 діб, оскільки такий вік розсади був визначений як базовий для порівняння морфологічного стану та продуктивності рослин. Дослід закладали у триразовій повторності. Варіанти розміщували методом рендомізації в межах кожного повторення. Порядок розміщення варіантів у повтореннях визначали випадковим способом, що забезпечувало рівномірний вплив ґрунтових та мікрокліматичних умов і зменшувало ризик систематичної похибки досліду.

Розсаду помідора вирощували у зимово-весняний період у плівковій теплиці з природним освітленням. Субстрат верховий торф – характеризувався слабокислою реакцією середовища (pH 5,5–6,5). Розсаду вирощували у касетах з об'ємом чарунки 120 см³, без пікірування. Сівбу проводили у другій половині лютого – на початку березня, що забезпечувало отримання рослин необхідного віку до строку висаджування у відкритий ґрунт. У період проростання насіння температуру повітря підтримували на рівні 23–25 °С. Після появи сходів температуру знижували до 18–20 °С удень та 14–16 °С уночі, що сприяло запобіганню витягуванню рослин і формуванню компактної, добре розвиненої розсади. У подальшому, у фазі активного росту, температуру підтримували в межах 20–24 °С у денний період і 16–18 °С у нічний. Висаджування розсади у відкритий ґрунт проводили за схемою 70 × 30 см, що відповідало густоті стояння 47,6 тис. рослин/га. На кожній обліковій ділянці розміщували 48 рослин.

За 10 діб до висаджування у відкритий ґрунт проводили загартування розсади. Для цього поступово знижували температуру повітря та збільшували тривалість провітрювання теплиці. У завершальний період загартування рослини привчали до умов, близьких до умов відкритого ґрунту, з одночасним помірним обмеженням поливу.

Перед висаджуванням розсади визначали висоту рослин, діаметр стебла, кількість сформованих листків, площу листкової поверхні, суху масу надземної частини і кореневої системи. Визначення цих показників дозволяло оцінити не лише календарний вік рослин, а й фактичний ступінь сформованості розсади. Для характеристики адаптаційної здатності розсади після висаджування визначали відсоток приживлюваності рослин. Урожайність визначали шляхом зважування товарної продукції з кожної облікової ділянки з наступним перерахунком на 1 га. Індекс якості розсади розраховували модифікованим індексом Дікісона [15], оскільки він дозволяє одним показником порівнювати різні гібриди.

$$Q = \frac{W}{\frac{H}{D} + \frac{W_s}{W_r}},$$

де: IQ – індекс якості розсади; W – загальна суха маса рослини, г; H – висота рослини, см; D – діаметр стебла, см; Ws – суха маса надземної частини, г; Wr – суха маса коренів, г.

Основні результати дослідження. У 30-добової розсади Н 4510 F_1 висота рослин становила 17 см, діаметр стебла – 0,3 см, суха маса надземної частини – 1,30 г, кореневої системи – 0,16 г, загальна суха маса – 1,46 г. Зі збільшенням віку до 40 діб ці показники зросли відповідно до 23 см, 0,5 см, 1,90; 0,27 та 2,17 г, а у 50-добової розсади – до 28 см, 0,7 см, 2,40; 0,39 та 2,79 г. У 60-добовому віці висота рослин досягала 35 см, діаметр стебла – 0,7 см, суха маса надземної частини – 3,00 г, кореневої системи – 0,42 г, загальна – 3,42 г. У гібриду Аріозо F_1 встановлено аналогічну закономірність (табл. 1).

Збільшення віку розсади з 30 до 60 діб істотно впливало на її морфометричні та біомасові показники. За висотою $НІР_{0,5}$ за фактором віку становила 1,6 см, тоді як приріст у Н 4510 F_1 досягав 18 см, а в Аріозо F_1 – 19 см. Діаметр стебла у Н 4510 F_1 збільшувався з 0,3 до 0,7 см, а в Аріозо F_1 – до 0,8 см. За $НІР_{0,5}$ 0,1 г суха маса надземної частини зросла відповідно з 1,30 до 3,00 г та з 1,50 до 2,90 г, загальна суха маса – з 1,46 до 3,42 та з 1,68 до 3,30 г. Отже, подовження розсадного періоду забезпечувало не лише збільшення розмірів рослин, а й істотне накопичення сухої речовини.

Між гібридами виявлено певні відмінності за якістю розсади. У 30–50-добовому віці Аріозо F_1 переважав Н 4510 F_1 за сухою масою надземної частини на 0,10–0,20 г, тоді як у 60-добовому віці перевага за сухою та загальною масою була на боці Н 4510 F_1. Водночас відмінності за висотою та діаметром стебла між гібридами не перевищували відповідних значень $НІР_{0,5}$ для взаємодії факторів АВ, тому статистично істотними їх не можна вважати.

Інтегральну оцінку якості розсади характеризував індекс якості (IQ). У Н 4510 F_1 його значення зростало від 0,023 у 30-добової розсади до 0,041 у 40-добової та 0,060 у 50–60-добової. В Аріозо F_1 показник збільшувався відповідно від 0,026 до 0,043 та 0,063. Найвищий IQ – 0,063 – сформувався у 50-добової розсади Аріозо F_1 і не змінювався за подальшого збільшення віку до 60 діб.

Таким чином, збільшення віку розсади до 50 діб супроводжувалося комплексним покращенням її морфометричних і біомасових характеристик та підвищенням інтегрального індексу якості. Подальше утримання рослин до 60 діб забезпечувало збільшення окремих абсолютних показників, однак не спричиняло відповідного підвищення IQ. За сукупністю досліджених ознак 50-добовий вік розсади є технологічно найбільш доцільним, оскільки забезпечує достатньо сформовану надземну частину, стебло і кореневу систему за високого рівня інтегральної якості. Збільшення віку до 60 діб може бути недоцільним через відсутність істотного приросту якості та потенційний ризик переростання розсади.

Кількість листків закономірно збільшувалася зі зростанням віку розсади. У Н 4510 F_1 цей показник зріс із 5,2 шт./рослину у 30-добової розсади до 10,5 шт./рослину у 60-добової, а в Аріозо F_1 – відповідно з 5,4 до 10,8 шт./рослину. Найінтенсивніше формування листкового апарату відбувалося у 40–50-добовий період (табл. 2).

Площа листкової поверхні також істотно збільшувалася: у Н 4510 F_1 – зі 185 до 650 см²/рослину, в Аріозо F_1 – зі 195 до 680 см²/рослину, тобто за 30–60-добового віку зростала приблизно у 3,5 рази. За $НІР_{0,5}$ = 20 см²/рослину відмінності між віковими варіантами були істотними. Аріозо F_1 характеризувався дещо більшою площею листків, однак з урахуванням $НІР_{0,5}$ для взаємодії А×В (28 см²/рослину) ця перевага була статистично підтверджена не в усіх варіантах.

Приживлюваність розсади після висаджування у відкритий ґрунт була високою – 97,0–98,0% у 30–50-добових рослин. Найвищий показник – 98,0% в обох гібридів – відзначено за використання 40-добової розсади. У 60-добової розсади приживлюваність знижувалася до 94,0% у Н 4510 F_1 та 95,0% в Аріозо F_1. Різниця порівняно з 40-добовою розсадою становила відповідно 4,0 і 3,0% та перевищувала $НІР_{0,5}$ за фактором В (0,6%), що свідчить про погіршення адаптації старшої розсади після пересаджування.

Отже, 40–50-добова розсада характеризувалася найбільш сприятливим поєднанням розвитку листкового апарату та приживлюваності, тоді як збільшення віку до 60 діб, незважаючи на максимальні морфометричні показники, супроводжувалося зниженням адаптації рослин. Аріозо F_1 загалом мав тенденцію до формування більш розвиненого листкового апарату.

Аналіз результатів рисунку 1, засвідчив істотний вплив гібриду та віку розсади на урожайність помідора. В обох гібридів встановлено однакову

Таблиця 1

Оцінка якості розсади помідора залежно від гібриду та віку рослин, середнє за 2024–2025 рр.

Гібрид	Вік розсади, діб	Висота розсади, см	Діаметр стебла, см	Суха маса рослин, г			Індекс якості розсади, IQ
				надземної частини	кореневої системи	загальна	
Н 4510 F_1	30	17	0,3	1,3	0,16	1,46	0,023
	40 контроль	23	0,5	1,9	0,27	2,17	0,041
	50	28	0,7	2,4	0,39	2,79	0,060
	60	35	0,7	3,0	0,42	3,42	0,060
Аріозо F_1	30	17	0,3	1,5	0,18	1,68	0,026
	40	23	0,5	2,0	0,29	2,29	0,043
	50	29	0,7	2,6	0,4	3,00	0,063
	60	36	0,8	2,9	0,4	3,30	0,063
$НІР_{0,5}$	А гібрид	1,1	0,2	0,1	0,01	–	
	В вік	1,6	0,3	0,1	0,02		
	АВ	2,3	0,5	0,2	0,03		

Примітка. Чим вище значення IQ, тим більш розвиненою та збалансованою вважається розсада.

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Таблиця 2

Формування листкового апарату та приживлюваність розсади помідора залежно від гібриду та віку, середнє за 2024–2025 рр.

Гібрид	Вік розсади, діб	Кількість листків шт./рослину	Площа листків, см²/рослину	Приживлюваність розсади, %
Н 4510 F_1	30	5,2	185	97,0
	40 контроль	6,8	310	98,0
	50	8,6	475	97,0
	60	10,5	650	94,0
Аріозо F_1	30	5,4	195	97,5
	40	7,0	325	98,0
	50	8,9	500	97,5
	60	10,8	680	95,0
$НІР_{0,5}$	А гібрид	0,2	14	0,4
	В вік	0,3	20	0,6
	АВ	0,5	28	0,8

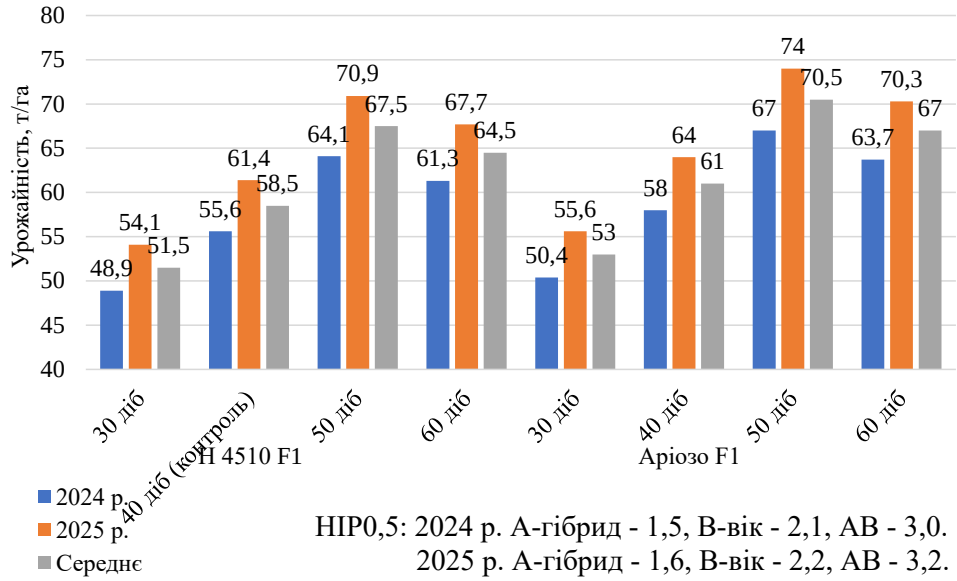


Рис. 1. Урожайність помідора залежно від гібриду та віку розсади, середнє за 2024–2025 рр.

закономірність: зі збільшенням віку розсади від 30 до 50 діб урожайність зростала, а за 60-добового віку дещо знижувалася. Водночас урожайність у 2025 р. за всіма варіантами була вищою, ніж у 2024 р.

У гібриду Н 4510 F_1 середня за 2024–2025 рр. урожайність за 30-, 40-, 50– і 60-добового віку розсади становила відповідно 51,5; 58,5; 67,5 та 64,5 т/га. У Аріозо F_1 відповідні показники були вищими – 53,0; 61,0; 70,5 та 67,0 т/га. Отже, максимальну продуктивність в обох гібридів отримано за використання 50-добової розсади.

Збільшення віку розсади від 30 до 50 діб забезпечило приріст урожайності у Н 4510 F_1 на 16,0 т/га, а в Аріозо F_1 – на 17,5 т/га. Подальше збільшення віку до 60 діб супроводжувалося її зниженням відповідно на 3,0 та 3,5 т/га. Це свідчить про наявність оптимуму розсадного періоду на рівні 50 діб. Гібрид Аріозо F_1 переважав Н 4510 F_1 за урожайністю в усіх вікових варіантах.

Статистичний аналіз підтвердив істотність впливу досліджуваних факторів. $НІР_{0,5}$ за фактором А (гібрид) становила 1,5 т/га у 2024 р. та 1,6 т/га у 2025 р.; за фактором В (вік розсади) – відповідно 2,1 та 2,2 т/га; за взаємодією АВ – 3,0 та 3,2 т/га. Отже, вплив віку розсади на урожайність був більш вираженим, ніж генотипні відмінності між гібридами.

Висновки. Встановлено, що гібрид та вік розсади істотно впливають на ріст, розвиток і продуктивність помідора. Зі збільшенням віку розсади від 30 до 60 діб покращувалися основні морфометричні показники рослин, однак збільшення вегетативної маси після 50 діб не супроводжувалося пропорційним підвищенням показника якості розсади та врожайності.

Найбільш оптимальним за сукупністю показників якості розсади, її адаптації після висаджування та формування врожайності виявився 50-добовий вік розсади. Подальше її вирощування до 60 діб не забезпечувало істотних переваг за

продуктивністю, що свідчить про недоцільність надмірного подовження розсадного періоду.

Серед досліджуваних гібридів вищу продуктивність забезпечував Аріозо F_1. За використання 50-добової розсади його середня врожайність за 2024–2025 рр. становила 70,5 т/га, що на 3,0 т/га, або 4,4%, більше порівняно з гібридом Н 4510 F_1 за аналогічного віку розсади. Виявлено достовірну взаємодію між генотипом і віком розсади.

Для умов Правобережного Лісостепу України за вирощування досліджуваних гібридів помідора у відкритому ґрунті найбільш ефективним є поєднання гібриду Аріозо F_1 із 50-добовою розсадою, що забезпечує високу та стабільну реалізацію продуктивного потенціалу культури.

Подяки. Це дослідження виконувалося у 2024–2025 роках відповідно до загальноуніверситетської наукової тематики Уманського національного університету «Збалансоване використання, прогнозування та управління природно-ресурсним потенціалом агроекосистем України», номер державної реєстрації – 0121U112521.

Фінансування дослідження. Дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Відсутній.

Авторський внесок.

Щетина С. В.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; розробка програмного забезпечення; валідація відтворюваності результатів; забезпечення ресурсами та обладнанням; підготовка рукопису – перегляд і редагування; наукове керівництво; адміністрування процесу.

Кецкало В. В.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; валідація відтворюваності результатів; аналіз даних; проведення експерименту; забезпечення ресурсами та обладнанням; управління даними; адміністрування процесу; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування; графічне представлення результатів.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ-асистовані технології не використовувалися.

References

1. Vorobiova, N.V. (2021). Adaptyvnist do umov Lisostepu Ukrainy ta vrozhainist sortiv pomidora [Adaptability and productivity of tomato varieties in the forest-steppe of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu*, 98(1), 111–125. https://doi.org/10.31395/2415-8240-2021-98-1-111-125 [in Ukrainian].

2. Yatsenko, N.V., Yatsenko, V.V., Feshchenko, V.V., Chubko, O.P., Nevlad, V.I., & Ostapchuk, V.V. (2024). Adaptyvna minlyvist hibrydiv pomidora u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Adaptive variability of tomato hybrids in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 2, 25–32. https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-2-26-33 [in Ukrainian].

3. Ulianych, O.I., Kovtuniuk, Z.I., Vorobiova, N.V., & Yatsenko, V.V. (2021). Vyrobnycho-biolohichna otsinka ta efektyvnist vyroshchuvannia hibrydiv pomidora [Production and biological evaluation and efficiency of growing tomato hybrids]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 1, 34–39. https://doi.org/10.31395/2310-0478-2021-1-34-39 [in Ukrainian].

4. Popova, L.M., & Latiuk, H.I. (2020). Hospodarsko-biolohichna otsinka hibrydiv tomatu cheri v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Economic and biological evaluation of cherry tomato hybrids under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 96(1), 264–277. https://doi.org/10.31395/2415-8240-2020-96-1-264-277 [in Ukrainian].

5. Silva, T. V., Lima, L. P. F., Silva, N. F., Cunha, F. N., Teixeira, M. B., Soares, F. A. L., & Vidal, V. M. (2021). Growth and productivity of tomato under use of biostimulant and ages of seedling transplantation. *Colloquium Agrariae, 17*(4), 23–33. https://doi.org/10.5747/ca.2021.v17.n4.a446.

6. Zheng, J., Gan, P., Ji, F., He, D., & Yang, P. (2021). Growth and Energy Use Efficiency of Grafted Tomato Transplants as Affected by LED Light Quality and Photon Flux Density. Agriculture, 11(9), 816. https://doi.org/10.3390/agriculture11090816.

7. Moncada, A., Vetrano, F., Esposito, A., & Miceli, A. (2020). Fertigation management and growth-promoting treatments affect tomato transplant production and plant growth after transplant. *Agronomy*, 10, 1504. https://doi.org/10.3390/agronomy10101504.

8. Sevidov, V.P. (2024). Yakist rozsady tomativ zalezhno vid typu substratu [Quality of tomato seedlings depending on the type of substrate]. *Selektsiia, vidbir ta nasinnytstvo roslyn, vyroshchuvannia ta zberihannia plodiv ta ovochiv*, 1, 89–98. https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/58310 [in Ukrainian].

9. Sandoval-Castro, E., Lazcano-Bello, M. I., Tornero-Campante, M. A., Hernández-Hernández, B. N., Ocampo-Fletes, I., & Díaz-Ruíz, R. (2021). Evaluation of substrates, nutrient solution and rooting agent in tomato seedling production. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas, 12(1), 77-88. https://doi.org/10.29312/remexca.v12i1.2450.

10. Chaika, T.O., Barabolia, O.V., Perepadchenko, T.O., & Shapoval, T.I. (2021). Vyroshchuvannia pomidoriv metodamy orhanichnoho zemlerobstva v pryvatnomu sektori Lisostepu Ukrainy [Growing tomatoes using organic farming methods in the private sector of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 3, 74–81. https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.09 [in Ukrainian].

11. Ren, M., Mao, G., Zheng, H., Wang, W., & Tang, Q. (2023). Growth changes of tomato seedlings responding to sodium salt of α-naphthalene acetic acid and potassium salt of fulvic acid. Scientific Reports, 13, 4024. https://doi.org/10.1038/s41598-023-31023-x.

12. Rouphael, Y., Colla, G., Hoagland, L., Giordano, M., El-Nakhel, C., & Cardarelli, M. (2021). Vegetal-protein hydrolysates based microgranule

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

enhances growth, mineral content, and quality traits of vegetable transplants. Scientia Horticulturae, 290, 110554. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110554.

13. Sariñana-Aldaco, O., Benavides-Mendoza, A., Robledo-Olivo, A., & González-Morales, S. (2022). The Biostimulant Effect of Hydroalcoholic Extracts of Sargassum spp. in Tomato Seedlings under Salt Stress. Plants, 11(22), 3180. https://doi.org/10.3390/plants11223180.

14. Bondarenko, H.L., & Yakovenko, K.I. (2001). Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi: navch. posib. [Methods of experimental work in vegetable and melon growing: textbook]. Kharkiv: Osnova, 369 [in Ukrainian].

15. Dickson, A., Leaf, A. L., & Hosner, J. F. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forestry Chronicle*, 36(1), 10–13. https://doi.org/10.5558/tfc36010-1.

Дата першого надходження статті до видання: 15.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 633.34:631.55:631.51:632.51
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-168-174



В. В. Яценко
доктор сільськогосподарських наук,
доцент кафедри рослинництва імені О. І. Зінченка,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: slavikskiavin16@gmail.com
orcid.org/0000-0003-2989-0564



В. С. Горбенко
аспірант кафедри рослинництва імені О. І. Зінченка,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: viachyats@gmail.com
orcid.org/0009-0006-2434-7094



Л. В. Худолій
кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник,
Український інститут експертизи сортів рослин
(м. Київ, Україна)
E-mail: hydoliyl4@gmail.com
orcid.org/0000-0002-8304-2294



А. О. Яценко
доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри рослинництва імені О. І. Зінченка,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: anatolii.yatsenko@unu.edu.ua
orcid.org/0009-0004-4465-373X



А. О. Січкар
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри рослинництва імені О. І. Зінченка,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: andrii.sichkar@unu.edu.ua
orcid.org/0009-0005-0169-8839



Н. М. Климович
старший викладач кафедри рослинництва
імені О. І. Зінченка,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: nataliia.klymovych@unu.edu.ua
orcid.org/0000-0002-6373-8534

ВПЛИВ СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ЗАБУР'ЯНЕНІСТЬ ПОСІВІВ СОЇ В ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

У статті наведено результати досліджень впливу систем основного обробітку ґрунту на формування забур'яненості та врожайності сої в умовах Правобережного Лісостепу України. Польові дослідження проводили у 2024–2026 рр. на чорноземі опідзоленому важкосуглинкового гранулометричного складу за схемою split-plot у чотириразовій повторності. Досліджували традиційну, мінімізовану (mini-till) та стрічкову (strip-till) системи обробітку ґрунту на посівах сортів сої ЕС Ментор і Паллада. Визначали видовий склад, чисельність та фітомасу сегетальної рослинності, а також урожайність культури за умов застосування та без застосування гербіцидного захисту. Встановлено, що система обробітку ґрунту істотно впливала на структуру бур'янового ценозу, рівень забур'яненості та продуктивність сої. Домінуючим видом був мишій сизий (Setaria pumila), середня чисельність якого становила 13,06 рослин/м², а частка у видовому складі зростала від 37% за традиційної системи до 43% за mini-till і 47% за strip-till. Найбільшу чисельність бур'янів формувала система mini-till, зокрема мишію сизого – 15–16 рослин/м², тоді як за традиційного обробітку цей показник становив 11 рослин/м². Фітомаса бур'янів за mini-till досягала 52,0–54,7 г/м², що на 25,9–30,9% перевищувало показники традиційної системи, тоді як за strip-till вона знижувалася до 39,8–40,5 г/м². За гербіцидного захисту середня врожайність сої становила 2,46 т/га, а максимального значення – 2,63 т/га – сорт Паллада досягав за традиційного обробітку. За відсутності гербіциду середня врожайність знижувалася до 1,81 т/га. Водночас strip-till забезпечував найвищу продуктивність без гербіцидного захисту: 2,46 т/га у сорту ЕС Ментор та 1,65 т/га у сорту Паллада. Сорт ЕС Ментор характеризувався вищою стабільністю продуктивності за різних технологічних умов. Отримані результати підтверджують доцільність традиційної системи обробітку за інтенсивного гербіцидного захисту, тоді як за його обмеження strip-till є перспективною технологією регулювання забур'яненості та стабілізації продуктивності сої.
Ключові слова: *традиційний обробіток, mini-till, strip-till, сегетальна рослинність, врожайність.*

V. V. Yatsenko
Doctor of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Crop Production named after O. I. Zinchenko,
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 named after O. I. Zinchenko,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: viachyats@gmail.com
orcid.org/0009-0006-2434-7094
L. V. Khudolii
Candidate of Agricultural Sciences,
Senior Researcher,
Ukrainian Institute for Plant Variety Examination (Kyiv, Ukraine)
E-mail: hydoliyl4@gmail.com
orcid.org/0000-0002-8304-2294
A. O. Yatsenko
Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Crop Production named after O. I. Zinchenko,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: anatolii.yatsenko@unu.edu.ua
orcid.org/0009-0004-4465-373X
A. O. Sichkar
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Crop Production named after O. I. Zinchenko,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: andrii.sichkar@unu.edu.ua
orcid.org/0009-0005-0169-8839
N. M. Klymovych
Senior Lecturer at the Department of Crop Production named after O. I. Zinchenko,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: nataliia.klymovych@unu.edu.ua
orcid.org/0000-0002-6373-8534

INFLUENCE OF SOIL TILLAGE SYSTEMS ON THE YIELD AND WEEDS INFESTATION IN THE SOYBEAN CROP IN THE FOREST-STEPPE OF UKRAINE

The article presents the results of a study on the effects of primary tillage systems on weed infestation and soybean yield under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Field experiments were conducted in 2024–2026 on heavy loamy podzolic chernozem using a split-plot design with four replications. Conventional, reduced (mini-till), and strip (strip-till) tillage systems were studied in soybean crops of the ES Mentor and Pallada varieties. The species composition, density, and biomass of weed vegetation, as well as soybean yield under herbicide-treated and herbicide-free conditions, were determined. It was established that the tillage system significantly affected the structure of the weed community, weed infestation level, and soybean productivity. The dominant species was yellow foxtail (Setaria pumila), with an average density of 13.06 plants/m²; its proportion in the weed community increased from 37% under conventional tillage to 43% under mini-till and 47% under strip-till. The highest weed density was recorded under mini-till, particularly for yellow foxtail (15–16 plants/m²), compared with 11 plants/m² under conventional tillage. Weed biomass under mini-till reached 52.0–54.7 g/m², exceeding the values recorded under conventional tillage by 25.9–30.9%, whereas under strip-till it decreased to 39.8–40.5 g/m². With herbicide protection, the average soybean yield was 2.46 t/ha, while the maximum yield of 2.63 t/ha was obtained for the Pallada variety under conventional tillage. In the absence of herbicide protection, the average yield decreased to 1.81 t/ha. At the same time, strip-till provided the highest yield without herbicide application: 2.46 t/ha for ES Mentor and 1.65 t/ha for Pallada. The ES Mentor variety demonstrated greater yield stability under different technological conditions. The results confirm the feasibility

of conventional tillage under intensive herbicide protection, whereas under reduced chemical inputs, strip-till represents a promising technology for weed regulation and stabilization of soybean productivity.
Key words: *conventional tillage, mini-till, strip-till, weed vegetation, yield.*

Постановка проблеми. Через надмірну інтенсивність обробітку сільськогосподарських угідь оранкою та перевертанням ґрунтової скиби [1], частково контролюються деякі хвороби та шкідники [2, 3], проте виникають і негативні наслідки, зокрема більші втрати води [4], слабша мінералізація рослинних решток (глибоко загорнутих у ґрунт) [5], сприяння формуванню ущільнених горизонтів, порушення безперервності капілярності (дренажу) [6], а при оранці схилів уздовж найбільшого схилу – це сприяє ерозії ґрунту [7].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Застарілі, енергозатратні технології є ініціюючим чинником деградації ґрунтів; у світі 35% деградації зумовлено антропогенною діяльністю та 28% – іншими формами неналежного ведення господарювання [8].

Підвищення температури повітря та нерівномірний розподіл опадів, зафіксовані протягом вегетаційного періоду сої у останні роки, потребують запровадження нових варіантів обробітку ґрунту [9]. Система мінімального обробітку включає базовий обробіток без перевертання скиби з використанням дискових борін, чизелів, ротаційних борін, фрез та параплуга, із збереженням рослинних решток на поверхні ґрунту або їх поверхневим загортанням, що виконує роль мульчі. У разі системи безобробіткового землеробства наявність рослинних решток або покривних культур є обов'язковою для успішного розвитку культури [6, 9].

Важливість сої як сільськогосподарської культури зумовлена її багатостороннім використанням: у харчуванні людей і тварин, у промисловості. Регіональні агроекологічні умови, характерні для Лісостепу України, сприятливі для вирощування сої [10], проте зміни мікроклімату, пов'язані з глобальним потеплінням, потребують агротехнічних заходів адаптації для підтримки рівня врожайності сої [11]. Незалежно від обраної системи вирощування, для отримання високих показників продуктивності як у кількісному, так і в якісному плані, особливо важлива роль належить контролю бур'янів у технологічному ланцюзі [12].

Соя чутлива до бур'янів [13], як на початкових фазах вегетації до покривання ґрунту рослинами, так і на фазі достигання [14, 15]. Успішний контроль бур'янів у посівах сої при застосуванні різних систем обробітку ґрунту складно досягти через єдину ідентичну стратегію [16], оскільки ступінь забур'яненості може залежати від розміру та швидкості росту посівів сої, що, у свою чергу, визначається іншими факторами [17]: системою обробітку ґрунту, забур'яненістю ділянки багаторічними видами, якістю використаного насіння, кліматичними умовами, типом ґрунту тощо.

Виходячи з гіпотези дослідження, що система обробітку ґрунту впливає на забур'яненість посівів сої, що, у свою чергу, впливає на продуктивність, були визначені мета та завдання експериментального дослідження. **Метою цього дослідження** є оцінка динаміки забур'яненості посівів та врожайності сої у період 2024–2025 рр. під впливом систем обробітку ґрунту в умовах Лісостепу України.

Матеріали та методи дослідження. Польові дослідження проведено впродовж 2024–2026 рр на базі навчально-виробничого відділу Уманського національного університету. Дослідне поле знаходиться в зоні помірно-континентального клімату. Польовий дослід було закладено за схемою split-plot на чорноземі опідзоленому важкосуглинкового гранулометричного складу з чотириразовою повторністю. Фактором першого порядку виступала система обробітку ґрунту: А – традиційна; В – мінімізована (поверхневий обробіток, mini-till); С – стрічкова (strip-till). Другим фактором були середньостиглі сорти сої – ЕС Ментор і Паллада. Попередником упродовж 2024–2025 років слугувало тритікале озиме. Сівбу здійснювали в період з 28 квітня до 5 травня з нормою висіву 450 тис. схожих насінин. Технологія вирощування відповідала типовим і загальноприйнятим вимогам для умов Лісостепу. Облікова площа ділянки при сівбі становила 20 м², а під час збирання врожаю – 15 м².

За традиційної та мінімізованої систем (варіанти А і В) посів проводили сівалкою Kockerling Ultima (Deutz Fahr), тоді як за стрічкового обробітку (варіант С) висів виконували безпосередньо в стерню за допомогою сівалки MZURI (VALTRA). Збирання врожаю проводили у фазі повної стиглості з використанням комбайна Wintersteiger. Визначення врожайності сої здійснювали відповідно до вимог ДСТУ 4138–2002 [18]. Облік забур'яненості виконували згідно загальноприйнятих методів [19]. Для визначення впливу систем обробітку ґрунту на розвиток сегетальної рослинності в посівах сої використовували контрольні ділянки без застосування гербіцидів.

Основні результати дослідження. Аналіз експериментальних даних свідчить, що видовий склад і чисельність сегетальної рослинності у посівах сої істотно залежать від системи обробітку ґрунту та сорту. Домінував мишій сизий (*Setaria pumila*) із середньою чисельністю 13,06 рослин/м² та низькою варіабельністю (CV = 14%); максимальні значення зафіксовано за mini-till (15–16 рослин/м²), що може бути пов'язано з накопиченням насіння у верхньому шарі ґрунту (рис. 1).

Берізка польова (*Convolvulus arvensis*) мала середню чисельність 4,11 рослин/м², з максимумом за mini-till (5–6 рослин/м²) та мінімумом за strip-till (3 рослини/м²). Найвищу варіабельність виявлено для осоту польового (*Cirsium arvense*) (CV = 86%): його чисельність зростала до 5 рослин/м² за традиційного обробітку та знижувалася до 0–1 рослини/м² за strip-till. Щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus*) і лобода біла

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

(*Chenopodium album*) також частіше траплялися за mini-till. Загалом strip-till забезпечував найнижчу забур'яненість і найкраще регулювання чисельності основних видів бур'янів.

Аналіз співвідношення видового складу бур'янів у посівах сої свідчить про істотний вплив системи обробітку ґрунту на структуру сегетального ценозу. За мінімізованих систем спостерігалося зростання частки однорічних та зменшення багаторічних видів. Домінував мишій сизий (*Setaria pumila*), частка якого зростала від 37% за традиційного обробітку до 43% за mini-till і 47% за strip-till, що пов'язано з накопиченням насіння у поверхневому шарі ґрунту (рис. 2).

Частка берізки польової (*Convolvulus arvensis*) становила 11–15%, досягаючи максимуму за mini-till. Найістотніше зменшувалася частка осоту польового (*Cirsium arvense*) – від 16% за традиційної системи до 4% за mini-till і 2% за strip-till. Частка щириці звичайної (*Amaranthus retroflexus*) становила 18–21%, а лободи білої (*Chenopodium album*) – 15–22%. Отже, strip-till сприяв зниженню частки багаторічних бур'янів, але водночас формував умови для домінування окремих однорічних видів, що потребує диференційованого контролю забур'яненості.

За системи mini-till маса бур'янів зростала до 52,0–54,7 г/м², що на 25,9–30,9% перевищувало

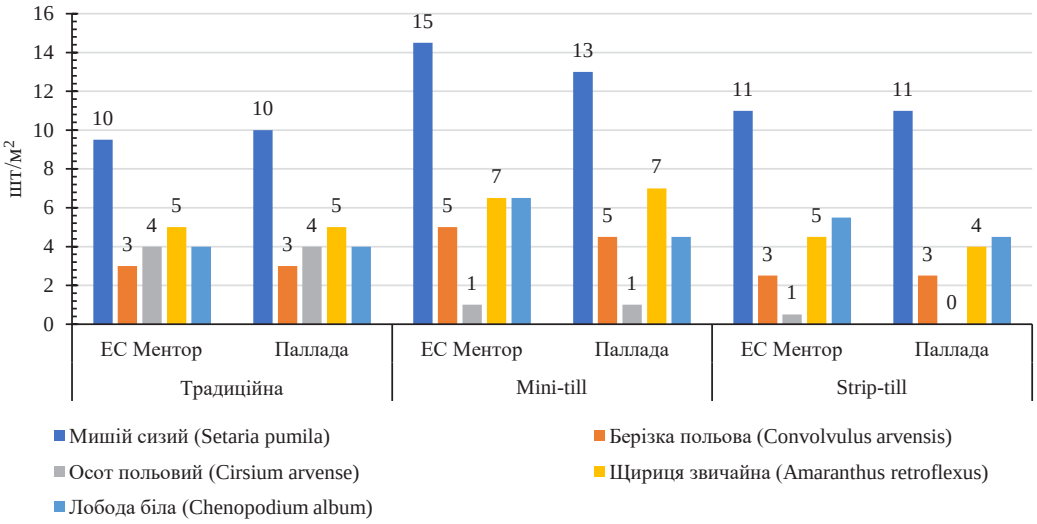


Рис. 1. Загальна кількість домінуючих бур'янів у посівах сої за різних систем обробітку ґрунту, шт/м², 2024–2026

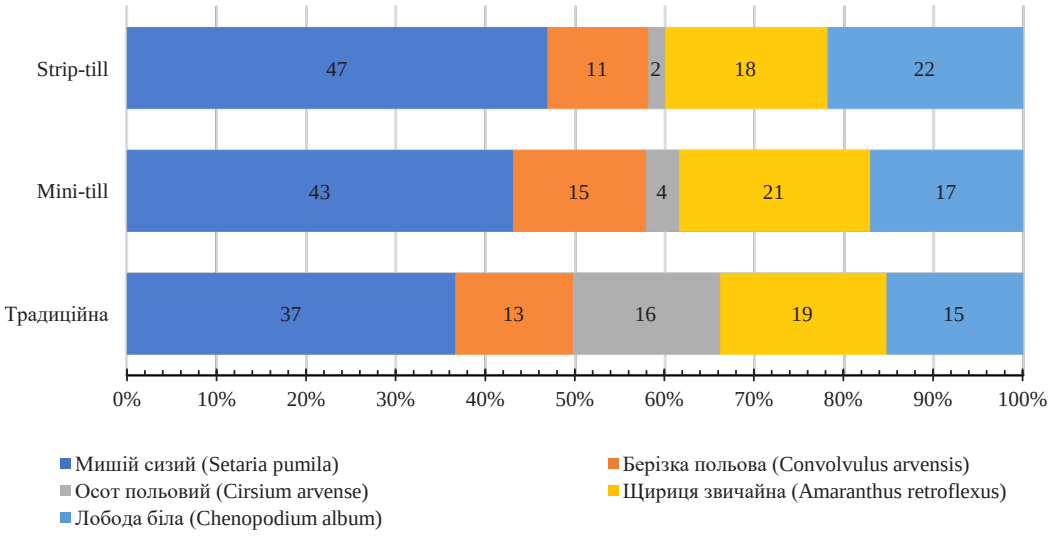


Рис. 2. Співвідношення домінуючих бур'янів у посівах сої за різних систем обробітку ґрунту, 2024–2026

показники традиційного обробітку. Найвищу фітомасу зафіксовано у сорту Паллада (54,7 г/м²), що свідчить про вищу забур'яненість порівняно із сортом ЕС Ментор. За технології strip-till маса бур'янів була найнижчою – 39,8–40,5 г/м², що на 1,9–4,8% менше за традиційну систему та на 22,1–27,2% – за mini-till. Отже, strip-till забезпечував найефективніше стримування розвитку сегетальної рослинності, тоді як mini-till сприяв максимальному накопиченню її біомаси та посиленню конкурентного впливу на сою (рис. 3).

Аналіз експериментальних даних свідчить, що врожайність сої істотно залежала від системи обробітку ґрунту, сортових особливостей та гербіцидного захисту. За внесення гербіциду середня врожайність становила 2,46 т/га, а максимального рівня (2,63 т/га) сорт Паллада досягав за традиційного обробітку; перехід до mini-till і strip-till знижував урожайність лише на 4,6–6,9% (рис. 4).

За відсутності гербіциду середня врожайність зменшувалася до 1,81 т/га, що підтверджує істотний вплив забур'яненості. За таких умов strip-till забезпечував найвищу продуктивність: у сорту ЕС Ментор – 2,46 т/га, Паллада – 1,65 т/га, перевищуючи традиційну систему відповідно на 12,8 і 19,9%.

Отже, традиційний обробіток ефективніший за гербіцидного захисту, тоді як strip-till є перспективнішим за його відсутності. ЕС Ментор характеризувався вищою адаптивністю та стабільністю врожайності.

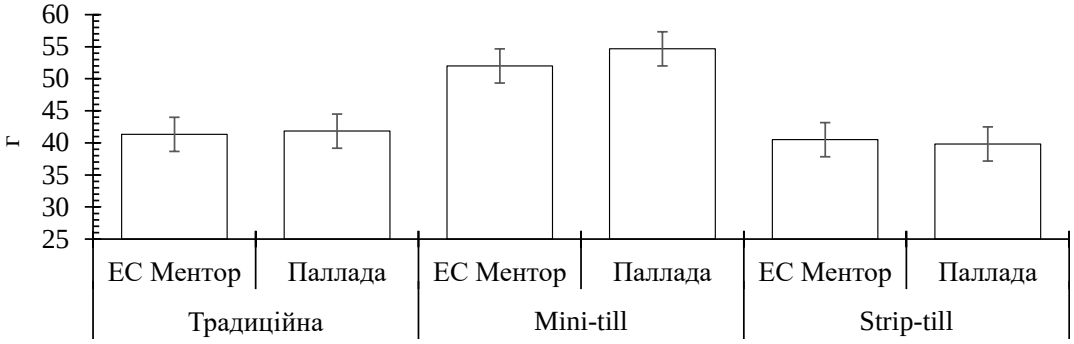


Рис. 3. Загальна маса домінуючих бур'янів у посівах сої за різних систем обробітку ґрунту, г/м², 2024–2026

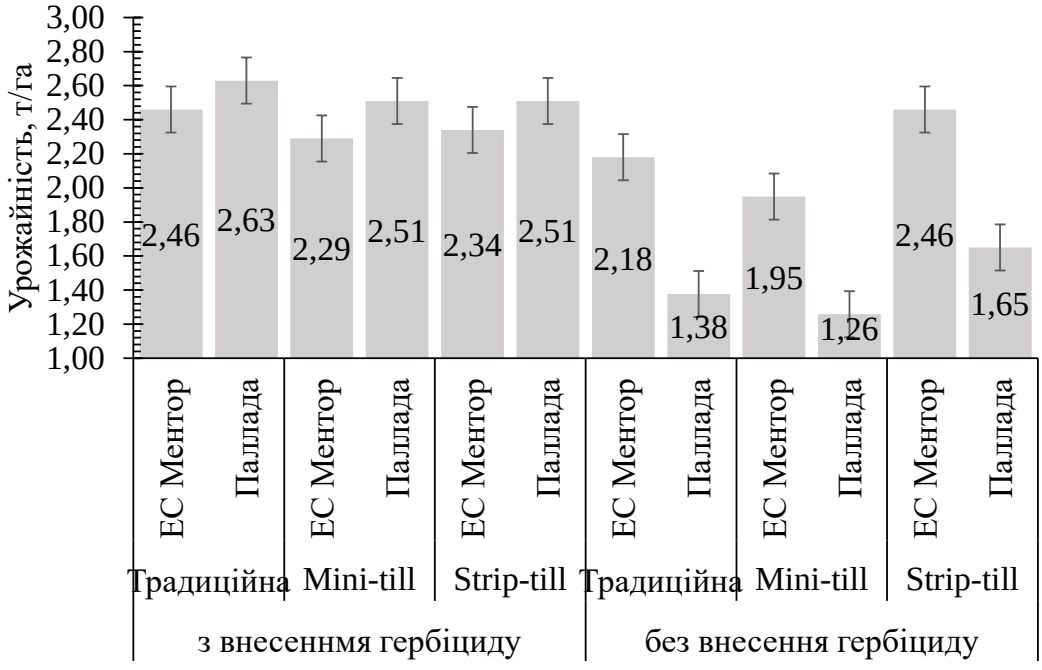


Рис. 4. Сортові особливості формування врожаю сої за різних систем обробітку ґрунту та гербіцидного фону, т/га, 2024–2026

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Висновки і пропозиції. Отримані результати досліджень свідчать, що система обробітку ґрунту та рівень гербіцидного захисту істотно впливали на формування бур'янового ценозу й продуктивність сої. Найбільш поширеним видом був мишій сизий (Setaria pumila), середня чисельність якого становила 13,06 рослин/м², причому за mini-till вона зростала до 15–16 рослин/м² проти 11 за традиційного обробітку та 12–13 рослин/м² за strip-till. Частка цього виду відповідно збільшувалася від 37 до 43 і 47%. Водночас частка осоту польового (Cirsium arvense) зменшувалася з 16% за традиційної системи до 4% за mini-till і 2% за strip-till, а його чисельність за strip-till становила лише 0–1 рослину/м². Найвищу фітомасу бур'янів формувала система mini-till – 52,0–54,7 г/м², тоді як за strip-till вона знижувалася до 39,8–40,5 г/м². За гербіцидного захисту середня врожайність сої становила 2,46 т/га, максимум у сорту Паллада за традиційного обробітку – 2,63 т/га. Без гербіциду врожайність знижувалася до 1,81 т/га, проте strip-till забезпечував 2,46 т/га у ЕС Ментор і 1,65 т/га у Паллади. Отже, strip-till є перспективним для ефективного регулювання забур'яненості та стабілізації продуктивності сої за мінімізації хімічного навантаження.

Подяки. Дане дослідження виконувалося у 2024–2026 роках відповідно до загальноуніверситетської наукової тематики Уманського національного університету «Збалансоване використання, прогнозування та управління природно-ресурсним потенціалом агроекосистем України» (0121U112521) та «Природні ресурси України – збереження, раціональне (збалансоване) використання інноваційних технологій» (0126U000146).

Фінансування дослідження. Автори заявляють, що дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Авторський колектив дослідження погодився з вимогами European Association of Science Editors (EASE), щодо розкриття інформації про конфлікт інтересів та заявляють про його відсутність.

Яценко В. В. є головним редактором журналу. Для забезпечення незалежності редакційного процесу рукопис розглядався уповноваженим редактором, який не перебував у підпорядкуванні автора та не мав конфлікту інтересів. Автор не брав участі у відборі рецензентів, процесі рецензування та прийнятті рішення щодо публікації статті. Рукопис пройшов стандартну процедуру подвійного сліпого рецензування.

Авторський внесок.

Яценко В. В.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; розробка програмного забезпечення; валідація відтворюваності результатів; забезпечення ресурсами та обладнанням; підготовка рукопису – перегляд і редагування; наукове керівництво; адміністрування процесу.

Горбенко В. С.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; валідація відтворюваності результатів; аналіз даних; проведення експерименту; забезпечення ресурсами та обладнанням; управління даними; адміністрування процесу; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування; графічне представлення результатів.

Худолій Л. В.: підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування; графічне представлення результатів.

Яценко А. О.: визначення концепції дослідження; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування.

Рогальский С. В.: визначення концепції дослідження; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування.

Січкар А. О.: визначення концепції дослідження; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування.

Климович Н. М.: визначення концепції дослідження; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ-асистовані технології не використовувалися.

References

1. Bechmann, M.E., Bøe, F. (2021). Soil tillage and crop growth effects on surface and subsurface runoff, loss of soil, phosphorus and nitrogen in a cold climate. *Land*, 10, 77. https://doi.org/10.3390/land10010077.

2. Poggi, S., Le Cointe, R., Lehmhus, J., Plantegenest, M., Furlan, L. (2021). Alternative strategies for controlling wireworms in field crops: A review. *Agriculture*, 11, 436. https://doi.org/10.3390/agriculture11050436.

3. Kuka, A., Czyż, K., Smoliński, J., Cholewińska, P., Wyrostek, A. (2022). The interactions between some free-ranging animals and agriculture: A review. *Agriculture*, 12, 628. https://doi.org/10.3390/agriculture12050628.

4. Telak, L.J., Pereira, P., Ferreira, C.S.S., Filipovic, V., Filipovic, L., Bogunovic, I. (2020). Short-term impact of tillage on soil and the hydrological response within a fig (Ficus carica) orchard in Croatia. *Water*, 12, 3295. https://doi.org/10.3390/w12113295.

5. Busari, M.A., Kukal, S.S., Kaur, A., Bhatt, R., Dulazi, A.A. (2015). Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International Soil and Water Conservation Research*, 3, pp. 119–129. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.05.002.

6. Ghaley, B.B., Rusu, T., Sandén, T., Spiegel, H., Menta, C., Visioli, G., O'Sullivan, L., Gattin, I.T., Delgado, A., Liebig, M.A. et al. (2018). Assessment of benefits of conservation agriculture on soil functions in arable production systems in Europe. *Sustainability*, 10, 794. https://doi.org/10.3390/su10030794.

7. Silva, G.F. d., Calonego, J.C., Luperini, B.C.O., Silveira, V.B., Chamma, L., Soratto, R.P., Putti, F.F. (2023). No-tillage system can improve soybean grain

production more than conventional tillage system. *Plants*, 12(21), 3762. https://doi.org/10.3390/plants12213762.

8. Huang, Q., Gong, Y., Li, P., Dewi, R.K., Komatsuzaki, M. (2024). The effects of tillage systems and cover crops on soil quality and soybean yield. *Agriculture*, 14(12), 2119. https://doi.org/10.3390/agriculture14122119.

9. Cheţan, F., Cheţan, C., Bogdan, I., Pop, A.I., Moraru, P.I., Rusu, T. (2021). The effects of management (tillage, fertilization, plant density) on soybean yield and quality in a three-year experiment under Transylvanian plain climate conditions. *Land*, 10, 200. https://doi.org/10.3390/land10020200.

10. Yatsenko, V., Yatsenko, N., Komisarenko, N., Kravchenko, V., Vyshnevska, L., Kovtunyuk, Z., Lozinska, A., Usyk, S. (2025). Assessing the yield potential of soybean maturity groups in different Ukrainian climatic zones. *Agronomy Research*, 23(3), pp. 1697–1718. https://doi.org/10.15159/AR.25.082.

11. Shi, Y., Gahagan, A.C., Morrison, M.J., Gregorich, E., Lapen, D.R., Chen, W. (2024). Stratified effects of tillage and crop rotations on soil microbes in carbon and nitrogen cycles at different soil depths in long-term corn, soybean, and wheat cultivation. *Microorganisms*, 12(8), 1635. https://doi.org/10.3390/microorganisms12081635.

12. Monteiro, A., Santos, S. (2022). Sustainable approach to weed management: The role of precision weed management. *Agronomy*, 12, 118. https://doi.org/10.3390/agronomy12010118.

13. Gawęda, D., Haliniarz, M., Bronowicka-Mielniczuk, U., Łukasz, J. (2020). Weed infestation and health of the soybean crop depending on cropping system and tillage system. *Agriculture*, 10, 208. https://doi.org/10.3390/agriculture10060208.

14. Li, H., Wang, P., Weber, J.F., Gerhards, R. (2018). Early identification of herbicide stress in soybean (Glycine max (L.) Merr.) using chlorophyll fluorescence imaging technology. *Sensors*, 18, 21. https://doi.org/10.3390/s18010021.

15. Ali, L., Jo, H., Song, J.T., Lee, J.-D. (2020). The prospect of bentazone-tolerant soybean for conventional cultivation. *Agronomy*, 10, 1650. https://doi.org/10.3390/agronomy10111650.

16. Alagbo, O., Spaeth, M., Saile, M., Schumacher, M., Gerhards, R. (2022). Weed management in ridge tillage systems: A review. *Agronomy*, 12, 910. https://doi.org/10.3390/agronomy12040910.

17. Saulic, M., Oveisi, M., Djalovic, I., Bozic, D., Pishyar, A., Savić, A., Prasad, P.V., Vrbničanin, S. (2022). How do long-term crop rotations influence weed populations: Exploring the impacts of more than 50 years of crop management in Serbia. *Agronomy*, 12, 1772. https://doi.org/10.3390/agronomy12081772.

18. 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, 173 [in Ukrainian].

19. Yeshchenko, V.O. et al. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of Scientific Research in Agronomy]. Vinnytsia: PP "TD "Edelveis i K", 332 [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 03.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 635.652:631.526.32:581.192
DOI https://doi.org/10.32782/3083-7464-2026-2-175-180



Н. В. Яценко
доктор сільськогосподарських наук,
завідувач кафедри овочівництва,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: vorob2807@gmail.com
orcid.org/0000-0003-3752-314X

І. С. Луценко
аспірант кафедри рослинництва,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: lucenko199311@gmail.com
orcid.org/0009-0001-1966-5091



ВМІСТ АСКОРБІНОВОЇ КИСЛОТИ ТА ЦУКРІВ КВАСОЛІ ОВОЧЕВОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ, СТРОКІВ ЗБИРАННЯ ТА ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ

Досліджено закономірності формування біохімічної якості зелених бобів квасолі овочевої залежно від генотипових особливостей сортів, строків збирання та кулінарної обробки. Метою дослідження було наукове обґрунтування оптимального строку збирання зелених бобів, що забезпечує високу врожайність, харчову цінність та збереження біологічно активних сполук. Дослідження проводили у 2024–2026 рр. на дослідних ділянках Уманського національного університету. Вивчали сім сортів спаржевої квасолі та чотири сорти сортотипу флажеоль. Збір бобів здійснювали на 7, 10, 13, 16 і 19 добу після цвітіння. Вміст аскорбінової кислоти та цукрів визначали у сирій і відвареній продукції методом інфрачервоної спектроскопії. Встановлено чітку протилежну спрямованість динаміки досліджуваних показників у процесі достигання: концентрація аскорбінової кислоти закономірно зменшувалася, тоді як вміст цукрів поступово зростав. У спаржевих сортів втрати аскорбінової кислоти були істотнішими, ніж у сортів флажеоль. Найвищу стабільність вітаміну С характеризував Flambeau, у якого його вміст після достигання зменшувався лише на 7%. Найвищий початковий рівень аскорбінової кислоти відзначено у Супернано джалло. Накопичення цукрів найбільш інтенсивно відбувалося у Супернано джалло та Flamingo. Кулінарна обробка спричиняла зниження абсолютного вмісту аскорбінової кислоти та цукрів унаслідок термічної деградації, окиснення і часткового переходу водорозчинних сполук у відвар, проте міжсортові закономірності зберігалися. За комплексом біохімічних показників найвищою харчовою цінністю характеризувалися Flambeau, Супернано джалло та Бергголд. Отримані результати підтверджують перспективність зазначених сортів для виробництва продукції підвищеної біологічної цінності та обґрунтовують доцільність диференційованого підходу до визначення строків збирання. Практичне значення роботи полягає у можливості використання встановлених закономірностей для вибору оптимальної фази збирання, що дає змогу максимально зберегти вітамінний потенціал, смакові властивості та цінні розчинні вуглеводи бобів під час зберігання.
Ключові слова: *квасоля спаржева, флажеоль, аскорбінова кислота, цукри, продуктивність, сорт.*

N. V. Yatsenko
Doctor of Agricultural Sciences,
Head of the Department of Vegetable Growing,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: vorob2807@gmail.com
orcid.org/0000-0003-3752-314X

I. S. Lutsenko
PhD student at the Department of Crop Production,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: lucenko199311@gmail.com
orcid.org/0009-0001-1966-5091

ASCORBIC ACID AND SUGAR ACCUMULATION IN VEGETABLE BEAN AS AFFECTED BY CULTIVAR CHARACTERISTICS, HARVESTING TIME, AND THERMAL PROCESSING

The patterns of biochemical quality formation in green vegetable bean pods depending on the genotypic characteristics of cultivars, harvesting time, and culinary processing were studied. The aim of the research was to scientifically substantiate

the optimal harvesting time for green pods that ensures high yield, nutritional value, and preservation of biologically active compounds. The study was conducted in 2024–2026 at the experimental plots of Uman National University. Seven asparagus bean cultivars and four cultivars of the flageolet type were studied. Bean pods were harvested on the 7th, 10th, 13th, 16th, and 19th days after flowering. The content of ascorbic acid and sugars was determined in raw and boiled pods using infrared spectroscopy. A clear opposite pattern in the dynamics of the studied parameters during pod maturation was established: the concentration of ascorbic acid decreased systematically, whereas sugar content gradually increased. Asparagus bean cultivars demonstrated more pronounced losses of ascorbic acid than flageolet-type cultivars. The highest stability of vitamin C was recorded in Flambeau, where its content decreased by only 7% during maturation. The highest initial level of ascorbic acid was observed in Supernano Giallo. The most intensive accumulation of sugars occurred in Supernano Giallo and Flamingo. Culinary processing resulted in a decrease in the absolute content of ascorbic acid and sugars due to thermal degradation, oxidation, and partial transfer of water-soluble compounds into the cooking liquid; however, the inter-cultivar patterns remained unchanged. Based on the complex of biochemical parameters, Flambeau, Supernano Giallo, and Berggold were characterized by the highest nutritional value. The obtained results confirm the prospects of these cultivars for the production of vegetables with enhanced biological value and substantiate the need for a differentiated approach to determining harvesting time. The practical significance of the study lies in the possibility of using the established patterns to select the optimal harvesting stage, which allows maximum preservation of the vitamin potential, sensory properties, and valuable soluble carbohydrates of bean pods during storage.
Key words: *snap bean, flageolet, ascorbic acid, sugars, productivity, cultivar.*

Постановка проблеми. Бобові культури, що споживаються як овочі, містять більше води, менше білка та крохмалю, але більше розчинних вуглеводів, що зумовлює їх привабливіші смакові властивості порівняно із сухим зерном [1]. Вони також є джерелом антиоксидантів і біологічно активних сполук, зокрема каротиноїдів, фенольних сполук, хлорофілу та вітамінів А і С [2]. Завдяки скоростиглості овочеві бобові можуть вирощуватися кілька разів на рік, забезпечуючи ринок свіжою продукцією з обмеженим терміном зберігання [3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.) є фотонейтральною, самозапильною овочевою культурою родини Бобові (*Leguminosae*), походження якої пов'язують із диким видом *Phaseolus aborigineus Burkart*, поширеним у південній частині Мексики та Центральній Америці [4–6]. Культура має важливе продовольче значення завдяки високій цінності молодих бобів і насіння [7, 8]. За морфологічними ознаками виділяють кущові, напіввиткі та виткі форми, при цьому кущова квасоля широко використовується для отримання зелених бобів і сухого насіння [6]. Серед зернобобових культур світу квасоля посідає третє місце після сої та арахісу, а серед овочевих видів – друге за обсягами виробництва [9, 10].

Квасолю вирощують як для споживання зелених бобів, так і для отримання свіжого або сухого насіння [11–13]. Сучасна селекція, особливо в європейських країнах, спрямована на створення сортів із тонкими та надтонкими бобами діаметром відповідно 6,6–8,0 мм і менше 6,5 мм [14, 15]. Зелені боби характеризуються високою харчовою цінністю, містять білки, вуглеводи, клітковину, мінеральні елементи та вітаміни [16, 17]. Збиральна стиглість настає приблизно через 7–14 діб після цвітіння, а надтонкі боби потребують особливо частого збирання, що зумовлено швидким наростанням їхніх розмірів [18–21]. Для експортної продукції рекомендують збирати боби через один-два дні [22].

Метою дослідження було наукове обґрунтування оптимального строку збирання зелених бобів французької квасолі, який забезпечує максимальну реалізацію продуктивного потенціалу сортів, формування високої врожайності та належних показників якості продукції.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводили на дослідних ділянках кафедри рослинництва, в навчально-виробничому відділі Уманського національного університету у 2024–2026 рр., з географічними координатами за Грінвічем 48° 46' північної широти, 30° 14' східної довготи і висотою над рівнем моря 245 м. У дослідженні застосовували овочеві сорти квасолі, включені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення на території України: Лаура st, Апекс, Бергголд, Каннелліно, Сакса, Супернано джалло, Топкроп, а також інтродуковані класичні сорти типу флажеоль – Chevrier Vert, Elsa, Flambeau та Flamingo. Еталонним був сорт Лаура, оскільки він був найбільш апробований. Досліди закладали з використанням методу рендомізації. Кількість повторень – чотири. Збір товарної продукції виконували на 7, 10, 13, 16 і 19 добу після цвітіння. Через значні розходження рекомендацій по строках збору в різних сортів залежно від зон вирощування за контроль взято 13 добу після цвітіння – для отримання бобів-лопаток; 16 добу – для одержання флажеоль.

Визначення вмісту аскорбінової кислоти та цукрів здійснювали у фазу технічної стиглості (ВВСН 81 – лопатка; ВВСН 89 – флажеоль) сирих та відварених бобів за допомогою аналізатора інфрачервоного для зерна, кормів та харчових продуктів SpectraStar XT Unity Scientific (США) серії SpectraStar™ XT-R. Лопатки відварювали впродовж 7 хв, флажеоль – впродовж 10 хв, після – охолоджували в крижаній воді й одразу виконували аналіз вмісту.

Статистичну обробку отриманих даних виконували з визначенням середнього арифметичного (x) та стандартного відхилення (SD) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel 2024 та StatPlus.

Основні результати дослідження. Аналіз даних за 2024–2026 рр. свідчить, що вміст аскорбінової кислоти у сирих бобах квасолі овочевої істотно залежав від генотипових особливостей сортів та строку збирання врожаю. Для всіх досліджуваних сортів встановлено тенденцію

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

до зниження концентрації аскорбінової кислоти зі збільшенням віку бобів після цвітіння, що пов'язано з фізіолого-біохімічними процесами достигання, інтенсивністю дихання та поступовим старінням тканин.

Найвищий початковий вміст аскорбінової кислоти на 7-му добу після цвітіння зафіксовано у сорту Супернано джалло, а найнижчий – у Каннелліно. У процесі достигання найбільше зниження показника спостерігалося у Супернано джалло – з 29,58 до 14,22 мг/100 г, або на 52%. Втрати у сортів Сакса, Бергголд, Топкроп, Лаура st та Апекс становили відповідно 47, 43, 46, 38 та 38%.

Для сортотипу флажеоль характерна значно вища стабільність аскорбінової кислоти: у Flambeau її вміст зменшився лише на 7 %, у Elsa – на 11%, тоді як у Chevrier Vert та Flamingo – відповідно на 19 та 23%. Отже, сорти флажеоль характеризувалися вищою стабільністю антиоксидантного потенціалу під час достигання бобів порівняно зі спаржевими сортами (табл. 1).

Аналіз результатів досліджень за 2024–2026 рр. свідчить, що після кулінарної обробки бобів квасолі овочевої загальна тенденція до зниження вмісту аскорбінової кислоти зберігалася, однак її абсолютна концентрація зменшувалася внаслідок термічної деградації. Водночас між сортами зберігалися виражені генотипові відмінності щодо здатності утримувати вітамін С після варіння.

Серед спаржевих сортів найвищий вміст аскорбінової кислоти на ранньому етапі розвитку бобів відзначено у Супернано джалло, а найнижчий – у Каннелліно. У процесі дозрівання найбільші втрати встановлено у Супернано джалло – з 23,66 до 11,09 мг/100 г, або на 53%. У сортів Каннелліно, Сакса, Топкроп, Бергголд, Лаура st та Апекс зниження становило відповідно 52, 47, 50, 46, 43 та 41%.

Сортотип флажеоль характеризувався значно вищою стабільністю показника. У Flambeau вміст аскорбінової кислоти змінювався лише від 20,60 до 20,74 мг/100 г, а у Elsa втрати становили 8,1%. Для Chevrier Vert та Flamingo зниження становило відповідно 17 та 21%, що істотно менше, ніж у спаржевих сортів. (табл. 2).

Таблиця 1

Динаміка вмісту аскорбінової кислоти сирих бобів-лопаток та флажеоль сортів квасолі овочевої на різних стадіях стиглості, 2024–2026

Сортотип	Сорт	днів після цвітіння				
		7 діб	10 діб	13 діб*	16 діб**	19 діб
Квасоля овочева	Лаура st	24,32	21,22	19,04	16,43	15,01
	Апекс	23,03	20,43	19,00	15,50	14,33
	Бергголд	27,40	23,50	22,00	19,60	15,51
	Каннелліно	22,09	19,50	16,70	14,30	11,70
	Сакса	25,89	21,60	18,77	16,20	13,62
	Супернано джалло	29,58	25,63	22,00	16,90	14,22
	Топкроп	24,15	21,17	18,67	16,07	13,11
Квасоля овочева сортотипу флажеоль	Chevrier Vert	25,23	24,30	23,55	22,86	20,51
	Elsa	24,70	24,02	23,43	22,78	22,04
	Flambeau	27,10	26,45	26,04	25,65	25,14
	Flamingo	24,31	23,42	22,05	20,06	18,60

** – контроль для квасолі овочевої – 13 діб; ** – контроль для квасолі сортотипу флажеоль – 16 діб*

Таблиця 2

Динаміка вмісту аскорбінової кислоти варених бобів-лопаток та флажеоль сортів квасолі овочевої на різних стадіях стиглості, 2024–2026

Сортотип	Сорт	днів після цвітіння				
		7 діб	10 діб	13 діб*	16 діб**	19 діб
Квасоля овочева	Лаура st	18,80	16,21	14,47	12,24	10,81
	Апекс	17,04	15,00	13,81	11,01	10,03
	Бергголд	22,47	19,08	17,60	15,43	12,10
	Каннелліно	17,01	14,43	12,07	10,15	8,19
	Сакса	19,42	16,37	14,45	12,64	10,35
	Супернано джалло	23,66	20,30	17,38	13,27	11,09
	Топкроп	20,29	17,15	14,94	12,86	10,09
Квасоля овочева сортотипу флажеоль	Chevrier Vert	20,18	19,63	19,17	18,72	16,82
	Elsa	20,25	19,82	19,42	18,91	18,60
	Flambeau	20,60	20,90	20,99	20,85	20,74
	Flamingo	19,93	19,39	18,39	16,87	15,75

** – контроль для квасолі овочевої – 13 діб; ** – контроль для квасолі сортотипу флажеоль – 16 діб*

Таблиця 3

Динаміка вмісту цукрів сирих бобів-лопаток та флажеоль сортів квасолі овочевої на різних стадіях стиглості, 2024–2026

Сортотип	Сорт	днів після цвітіння				
		7 діб	10 діб	13 діб*	16 діб**	19 діб
Квасоля овочева	Лаура st	2,86	2,94	3,11	3,25	3,32
	Апекс	2,82	2,88	2,93	3,07	3,16
	Бергголд	3,44	3,58	3,65	3,71	3,77
	Каннелліно	2,60	2,73	2,83	2,96	3,09
	Сакса	3,22	3,30	3,41	3,54	3,70
	Супернано джалло	3,28	3,46	3,80	3,89	4,04
	Топкроп	2,85	2,92	3,10	3,17	3,27
Квасоля овочева сортотипу флажеоль	Chevrier Vert	2,88	2,94	3,00	3,09	3,16
	Elsa	2,76	2,83	2,90	3,11	3,18
	Flambeau	2,94	3,03	3,20	3,31	3,39
	Flamingo	2,52	2,79	3,10	3,21	3,40

** – контроль для квасолі овочевої – 13 діб; ** – контроль для квасолі сортотипу флажеоль – 16 діб*

Таблиця 4

Динаміка вмісту цукрів варених бобів-лопаток та флажеоль сортів квасолі овочевої на різних стадіях стиглості, 2024–2026

Сортотип	Сорт	днів після цвітіння				
		7 діб	10 діб	13 діб*	16 діб**	19 діб
Квасоля овочева	Лаура st	2,06	2,13	2,27	2,37	2,44
	Апекс	1,99	2,04	2,09	2,23	2,31
	Бергголд	2,55	2,67	2,78	2,85	2,94
	Каннелліно	1,72	1,83	1,90	2,02	2,13
	Сакса	2,29	2,39	2,50	2,62	2,76
	Супернано джалло	2,23	2,37	2,64	2,75	2,88
	Топкроп	2,00	2,06	2,21	2,27	2,36
Квасоля овочева сортотипу флажеоль	Chevrier Vert	2,09	2,16	2,22	2,33	2,43
	Elsa	1,95	2,01	2,11	2,28	2,37
	Flambeau	2,27	2,36	2,50	2,60	2,67
	Flamingo	1,90	2,12	2,38	2,48	2,66

** – контроль для квасолі овочевої – 13 діб; ** – контроль для квасолі сортотипу флажеоль – 16 діб*

Аналіз результатів досліджень, проведених упродовж 2024–2026 рр., свідчить про наявність чітко виражених закономірностей формування та накопичення цукрів у бобах квасолі овочевої залежно від сортотипу, генотипових особливостей сорту та строків збирання врожаю. На відміну від аскорбінової кислоти, вміст якої закономірно зменшується в процесі достигання, концентрація цукрів у бобах усіх досліджуваних сортів поступово зростала від ранніх до пізніших стадій розвитку, що є наслідком активізації процесів фотосинтетичної асиміляції, транспортування пластичних речовин до генеративних органів та накопичення резервних вуглеводів у тканинах бобів (табл. 3).

У спаржевих сортів на сьому добу після цвітіння вміст цукрів варіював від 2,60 г/100 г у Каннелліно до 3,44 г/100 г у Бергголд. У процесі достигання відзначено стабільне накопичення цукрів у всіх сортів, найбільш інтенсивне у Супернано джалло – на 23%, тоді як у Каннелліно, Сакса, Топкроп та Бергголд приріст становив відповідно 19, 15, 15 та 10%.

У сортотипу флажеоль також спостерігалося послідовне підвищення концентрації цукрів. Найбільший приріст зафіксовано у Flamingo – з 2,52 до 3,40%, або на 35%, що є максимальним показником серед досліджених генотипів. Високою інтенсивністю накопичення цукрів характеризувалися також Elsa та Flambeau, тоді як Chevrier Vert мав більш помірну динаміку.

На контрольних строках збору врожаю вміст цукрів у спаржевих сортів становив 2,83–3,80 г/100 г, а у флажеоль – 3,09–3,31 г/100 г. Отже, з достиганням бобів відбувалося певне

ISSN 3083-7448 (PRINT)
ISSN 3083-7464 ONLINE)

вирівнювання показників між сортотипами, хоча Супернано джалло та Бергголд зберігали підвищений рівень накопичення цукрів.

Після кулінарної обробки загальна тенденція змін зберігалася, проте вміст цукрів знижувався через частковий перехід розчинних вуглеводів у відвар. У варених бобах спаржевої квасолі показник зростав від 1,72–2,55 до 2,13–2,94 г/100 г. Найвищі значення протягом досліджень забезпечував сорт Бергголд, найнижчі – Каннелліно. Для всіх генотипів характерним було поступове підвищення вмісту цукрів із віком бобів. У сортотипу флажеоль показники були стабільнішими. Найвищий вміст відзначено у Flambeau (2,27–2,67 г/100 г), а найбільший приріст – у Flamingo (1,90–2,66 г/100 г, майже 40%) (табл. 4).

Висновки. Формування біохімічної якості бобів квасолі овочевої визначається генотипом і строками збирання. У процесі достигання вміст аскорбінової кислоти зменшувався, тоді як концентрація цукрів зростала. Флажеоль характеризувався вищим і стабільнішим вмістом аскорбінової кислоти. Варіння знижувало абсолютні значення показників, але не змінювало міжсортових закономірностей. Найвищу комплексну харчову цінність мали сорти Flambeau, Супернано джалло та Бергголд.

Подяки. Дане дослідження виконувалося у 2024–2026 роках відповідно до загальноуніверситетської наукової тематики Уманського національного університету «Збалансоване використання, прогнозування та управління природно-ресурсним потенціалом агроекосистем України» (0121U112521) та «Природні ресурси України – збереження, раціональне (збалансоване) використання інноваційних технологій» (0126U000146).

Фінансування дослідження. Автори заявляють, що дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Авторський колектив дослідження погодився з вимогами European Association of Science Editors (EASE), щодо розкриття інформації про конфлікт інтересів та заявляють про його відсутність.

Авторський внесок.

Яценко Н. В.: визначення концепції дослідження; підготовка рукопису – перегляд і редагування; наукове керівництво; адміністрування процесу.

Луценко І. С.: визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; валідація відтворюваності результатів; аналіз даних; проведення експерименту; забезпечення ресурсами та обладнанням; управління даними; адміністрування процесу; підготовка рукопису – первинний текст; підготовка рукопису – перегляд і редагування; графічне представлення результатів.

Декларація використання генеративного штучного інтелекту. Під час підготовки рукопису генеративні інструменти штучного інтелекту / ШІ-асистовані технології не використовувалися.

References

1. De Paiva Gouvêa, L., Caldeira, R.F., Azevedo, T.D.L., Antoniassi, R., Galdeano, M.C., Felberg, I., Lima, J.R., Mellinger, C.G. (2024). Nutritional properties of common bean protein concentrate compared to commercial legume ingredients for the plant-based market. *Current Research in Food Science*, 9, Article 100937. https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100937.

2. Nadeem, M.A., Yeken, M.Z., Shahid, M.Q., Habyarimana, E., Yılmaz, H., Alsaleh, A., Hatipoğlu, R., Çilesiz, Y., Khawar, K.M., Ludidi, N. et al. (2021). Common bean as a potential crop for future food security: An overview of past, current and future contributions in genomics, transcriptomics, transgenics and proteomics. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 35, pp. 759–787. https://doi.org/10.1080/13102818.2021.1920462.

3. Dhakal, R., Bhardwaj, H. (2024). Alternative use of black and navy beans as green shell beans. *HortScience*, 59(6), pp. 831–832. https://doi.org/10.21273/HORTSCI17827-24.

4. Parker, T.A., Gallegos, J.A., Beaver, J., Brick, M., Brown, J.K., Cichy, K., Debouck, D.G., Delgado-Salinas, A., Dohle, S., Ernest, E. et al. (2022). Genetic resources and breeding priorities in *Phaseolus* beans: Vulnerability, resilience, and future challenges. *Plant Breeding Reviews*, 46, pp. 289–420.

5. Oriama, S.O., Kulohoma, B.W., Nyaboga, E., Masheti, Y.O., Otsyula, R. (2024). Genetic analysis of scab disease resistance in common bean (*Phaseolus vulgaris*) varieties using GWAS and functional genomics approaches. *CABI Agriculture and Bioscience*, 5, Article 35. https://doi.org/10.1186/s43170-024-00237-y.

6. Galan, P.-M., Ivanescu, L.-C., Leti, L.-I., Zamfirache, M.M., Gorgan, D.-L. (2024). Comparative effects of water scarcity on the growth and development of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes with different geographic origin (Mesoamerican/Andean). *Plants*, 13(15), Article 2111. https://doi.org/10.3390/plants13152111.

7. Sharma, A.K., Dwivedi, S.V., Kumar, D., Mishra, L.K., Tiwari, I.K., Sharma, S. (2025). Assessment of correlation coefficients between yield and its components in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Pant Anupama. *International Journal of Research in Agronomy*, 8(1), pp. 237–239. https://doi.org/10.33545/2618060X.2025.v8.i1d.2393.

8. Richmond, J., Maness, N., Goad, C., Brandenberger, L., Mason, T., Kathi, S., Chrz, D., Hu, B. (2024). Yield and quality of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars from successive harvests in spring and fall production seasons in Oklahoma. *HortScience*, 59(12), pp. 1815–1822. https://doi.org/10.21273/HORTSCI18146-24.

9. Chefonova, N.V., Vitanov, O.D., Alfyorov, O.I., Ivanin, D.V., Datsenko, S.M., Chaiuk, O.O. (2024). Vegetable bean in polycropping. *Vegetable and Melon Growing*, 75, pp. 46–58. https://doi.org/10.32717/0131-0062-2024-75-46-58.

10. Tran, T.H.D., Tran, D.H. (2023). Biology of the vegetable leafminer, *Liriomyza sativae* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae) on kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and pak choi (*Brassica rapa* var. *chinensis*).

Agricultural Science Digest, 43(3), pp. 378–381. https://doi.org/10.18805/ag.DF-536.

11. Petropoulos, S.A., Fernandes, Â., Plexida, S., Chrysargyris, A., Tzortzakis, N., Barreira, J.C.M., Barros, L., Ferreira, I.C.F.R. (2020). Biostimulants application alleviates water stress effects on yield and chemical composition of greenhouse green bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomy*, 10(2), Article 181. https://doi.org/10.3390/agronomy10020181.

12. Soler-Garzón, A., Hart, J.P., Miklas, P.N. (2025). Snap bean diversity for resistance to bean common mosaic and necrosis viruses examined using new and existing candidate gene-linked markers. *Molecular Breeding*, 45, Article 98. https://doi.org/10.1007/s11032-025-01605-w.

13. Porcher, M.H. (2005). *Introducing Flageolet Beans*. Multilingual Multiscript Plant Name Database. The University of Melbourne. Available at: https://www.plantnames.unimelb.edu.au/Sorting/Flageolet.html.

14. Pavlovic, P., Colquhoun, J.B., Korres, N.E., Landau, C.A., Liu, R., Lowry, C.J. et al. (2025). Associations among weed communities, management practices, and environmental factors in U.S. snap bean (*Phaseolus vulgaris*) production. *PLoS One*, 20(9), Article e0332925. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0332925.

15. Davis, W.V., Weber, C., Wechsler, S., Lucier, G., Wakefield, H., Vaiknoras, K. (2023). *Vegetables and Pulses Outlook*. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service. Available at: https://www.ers.usda.gov/publications/pub-details/?pubid=108153.

16. Beaver, J., Fernandez, F. (1993). Effect of genotype, planting date and level of moisture at harvest on the yield and quality of green-shelled beans. *HortScience*, 28(5), pp. 454b–454. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.28.5.454b.

17. Shafi, S., Tahir, M., Bawa, V., Jan, F., Choudhary, N., Khan, M.A., Singh, Y., Kumar, U., Bhat, B.A., Dar, W.A. et al. (2024). Biochemical defense arsenal, genes/QTLs and transcripts for imparting anthracnose resistance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Stress*, 14, Article 100609. https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100609.

18. Aghora, T.S., Thangam, M., Patil, N. (2023). Legume vegetables for human nutrition and entrepreneurship. In: Singh, B., Kalia, P. (eds.). *Vegetables for Nutrition and Entrepreneurship*. Singapore: Springer, pp. 477–505. https://doi.org/10.1007/978-981-19-9016-8_20.

19. Bala, R.A., Fagam, A.S., Garba, A.A. et al. (2022). Growth, phenology and yield response of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to various sowing dates and nutrient sources in Bauchi State, Nigeria. *Journal of Horticultural Science and Research*, 5(1), pp. 200–208. Available at: https://scholars.direct/Articles/horticulture/jhsr-5-026.pdf.

20. Njau, S.N., Parker, T.A., Duitama, J., Gepts, P., Arunga, E.E. (2024). QTL mapping for pod quality and yield traits in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Frontiers in Plant Science*, 15, Article 1422957. https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1422957.

21. Yatsenko, V., Poltoretskiy, S., Yatsenko, N., Poltoretska, N., Mazur, O. (2023). Agrobiological assessment of green bean varieties by adaptability, productivity, and nitrogen fixation. *Scientific Horizons*, 26(7), pp. 79–94. https://doi.org/10.48077/scihor7.2023.79.

22. Abebe, A., Tsige, A., Work, M., Enyew, A. (2020). Optimizing irrigation frequency and amount on yield and water productivity of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northwest Amhara, Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 6, Article 1773690. https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1773690.

Дата першого надходження статті до видання: 03.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.11.2026

НОТАТКИ

ВІСНИК
Уманського національного університету

№ 2

Коректура • Ірина Миколаївна Чудеснова

Комп’ютерна верстка • Марина Сергіївна Михальченко

Дата розміщення онлайн – 24.11.2026 р.
Дата друку – 30.11.2026 р.
Формат 60×84/8. Гарнітура Verdana. Папір офсет. Цифровий друк.
Ум. друк. арк. 20,92. Замов. № 1026/847. Наклад 300 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
вул. Інглезі, 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.