

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

БЕЗВЕРШУК ІГОР МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 631.95:631.5:633.15(477)

ДИСЕРТАЦІЯ
**АГРОЕКОЛОГІЧНІ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ ФІТОЦЕНОТИЧНИМ
КОМПОНЕНТОМ АГРОЦЕНОЗІВ КУКУРУДЗИ КОНТИНЕНТАЛЬНОЇ
ЗОНИ УКРАЇНИ**

101– Екологія

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело _____ І.М. Безвершук

Науковий керівник: Федонюк Тетяна Павлівна,
доктор сільськогосподарських наук, професор

Житомир 2026

АНОТАЦІЯ

Безвершук І.М. Агроекологічні стратегії управління фітоценотичним компонентом агроценозів кукурудзи континентальної зони України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 «Екологія» (10 – Природничі науки). – Поліський національний університет, Міністерство освіти і науки України, Житомир, 2026.

Дисертаційну роботу присвячено науковому обґрунтуванню агроекологічних стратегій управління фітоценотичним компонентом агроценозів кукурудзи в умовах континентальної зони України з метою зниження хімічного навантаження, оптимізації структури бур'янових угруповань та збереження продуктивності культури. Актуальність дослідження зумовлена зростанням інтенсивності землеробства, високою залежністю технологій вирощування кукурудзи від гербіцидного контролю, спрощенням агробіорізноманіття та поширенням екологічно пластичних і резистентних видів бур'янів. У дослідженні агроценоз кукурудзи розглядається не просто як об'єкт агротехнічного впливу, а як складна екологічна система, у якій бур'яни, культура і ґрунт перебувають у постійній взаємодії. У роботі доведено, що ефективність контролю бур'янів визначається не стільки прямим хімічним знищенням, скільки здатністю змінювати умови середовища так, щоб кукурудза отримувала конкурентну перевагу, а бур'янові угруповання втрачали можливість домінування.

Дане дослідження сприяє реалізації низки ключових європейських та українських стратегічних документів у сфері сталого розвитку сільського господарства й охорони довкілля. На європейському рівні воно безпосередньо відповідає цілям Європейського зеленого курсу та стратегії «From Farm to Fork», зокрема в частині зменшення використання пестицидів, збереження агробіорізноманіття та підвищення екологічної стійкості агропродовольчих систем. Результати дослідження також узгоджуються з Стратегією ЄС з

біорізноманіття до 2030 року, оскільки орієнтовані на підтримання функціонального різноманіття в агроекосистемах.

Мета дослідження полягала в науковому обґрунтуванні агроекологічних стратегій управління фітоценотичним компонентом агроценозів кукурудзи в умовах континентальної зони України шляхом інтеграції системи обробітку ґрунту, густоти посіву та рівня хімічного контролю бур'янів для регуляції структури й динаміки бур'янових угруповань, зниження хімічного навантаження та збереження екологічної стійкості й продуктивності агроекосистем.

Методологія наукового дослідження ґрунтувалася на поєднанні системного агроекологічного підходу, ретроспективного аналізу та багаторічного стаціонарного польового експерименту. Методологічну основу становив трифакторний польовий експеримент, у межах якого оцінювали дію та взаємодію системи обробітку ґрунту, густоти посіву кукурудзи та рівня хімічного контролю бур'янів. Для аналізу динаміки бур'янових угруповань застосовували геоботанічні методи з визначенням видового складу, чисельності, проективного покриття та біомаси. Фенологічний розвиток кукурудзи вивчали за стандартними шкалами органогенезу, що дозволяло простежити зміни темпів розвитку культури залежно від агроекологічних умов. Стан ґрунтового середовища оцінювали за фізико-хімічними показниками орного шару. Отримані експериментальні дані опрацьовували з використанням математико-статистичних методів, зокрема багатофакторного дисперсійного аналізу, кореляційного та регресійного аналізів, що забезпечило оцінку впливу окремих факторів і їх взаємодії та достовірність наукових висновків.

Дослідження показує, що тривале й інтенсивне використання гербіцидів призвело до спрощення видового складу бур'янів і поширення екологічно пластичних та резистентних видів, що знижує екологічну стійкість агроекосистем. У відповідь на це в роботі обґрунтовано агроекологічний підхід, за якого бур'яни не розглядаються виключно як шкідливий компонент, а як елемент фітоценозу,

чисельність і структура якого можуть бути регульовані через систему обробітку ґрунту, густоту посіву кукурудзи та рівень хімічного навантаження.

На основі багаторічних польових експериментів і ретроспективного аналізу показано, що мінімізація обробітку ґрунту у поєднанні з оптимізованою або підвищеною густотою посіву змінює світловий режим, просторову структуру посіву та темпи фенологічного розвитку кукурудзи. Це призводить до біологічного пригнічення бур'янів у критичні фази розвитку культури навіть за повної відмови від гербіцидів або суттєвого зниження їх застосування. Водночас урожайність кукурудзи знижується незначно, що свідчить про можливість поєднання продуктивності та екологічної збалансованості.

Наведений у роботі ретроспективний аналіз доводить, що сучасні агроценози кукурудзи в континентальній зоні України формуються на перетині двох визначальних блоків чинників: довготривалої антропогенної трансформації агробіорізноманіття бур'янів та конкретних ґрунтово-екологічних умов як абіотичної основи системи. Це створює наукові передумови для подальшого обґрунтування агроекологічних стратегій управління бур'янами, в яких ефективність контролю визначається не лише інтенсивністю окремих заходів, а їх здатністю змінювати екологічні ніші сегетальної флори і конкурентні взаємодії в агроecosystemі.

У дисертації встановлено, що фенологічний розвиток кукурудзи є чутливою біологічною реакцією на поєднання агроекологічних чинників і найбільше визначається системою обробітку ґрунту та гербіцидним фоном, тоді як густота посіву має переважно модифікуючий, а не визначальний вплив. На ранніх етапах онтогенезу відмінності між варіантами були мінімальними, однак починаючи з фаз 7–9-го листка і особливо в генеративний період проявилися найбільші міжваріантні розбіжності в темпах розвитку. Відмова від гербіцидів спричиняла стабільне подовження вегетаційного періоду через посилення конкуренції з бур'янами, а взаємодія обробітку ґрунту з гербіцидним фоном була статистично значущою майже для всіх фаз. Найбільш збалансований і швидкий перебіг фенологічних фаз

забезпечували мінімізовані системи обробітку за наявності гербіцидного контролю, тоді як глибока оранка без гербіцидів призводила до уповільнення досягання. Отримані результати підтверджують, що календар фенологічних фаз може слугувати інтегральним індикатором ефективності агроєкологічних стратегій у посівах кукурудзи.

Результати дослідження показали, що формування бур'янових угруповань у посівах кукурудзи визначається комплексною дією агроєкологічних факторів, серед яких провідну роль відігравала система обробітку ґрунту, а густина посіву виступала важливим підсилювачем контролю. Дисперсійний аналіз підтвердив статистично значущий вплив усіх трьох факторів і особливо їх взаємодії, при цьому найефективніше пригнічення бур'янів забезпечило поєднання поверхневого обробітку та підвищеної густоти посіву. Видовий склад бур'янових угруповань був неоднорідним між варіантами, але в усіх посівах стабільно зберігалось «ядро» домінантів (зокрема *Elymus repens*, *Convolvulus arvensis*, *Sonchus arvensis*), що формували основний конкурентний тиск на культуру. Гербіцидний фон впливав переважно на чутливі групи (зокрема однорічні злаки), тоді як стійкі дводольні та багаторічні види частково зберігалися. Кластерний аналіз за індексом Жаккара виявив типові асоціації видів, що дозволяє прогнозувати структуру забур'яненості та обґрунтовувати інтегровані рішення контролю з урахуванням спільної появи бур'янів.

Доведено, що агроєкологічна ефективність інтегрованих стратегій управління бур'янами в посівах кукурудзи забезпечується переважно біологічними механізмами саморегуляції агрофітоценозу та оптимізацією елементів технології, а не лише хімічним контролем. Пригнічення бур'янів реалізується через конкурентне витіснення (насамперед за світло), швидке змикання міжрядь за підвищеної густоти посіву, зміну мікроклімату під покривом культури та регуляцію насінневого банку бур'янів залежно від системи обробітку ґрунту. Багатофакторний аналіз показав, що ключовими детермінантами врожайності та більшості показників якості зерна є густина посіву й система обробітку ґрунту, тоді як гербіцидний фон має вторинний

і контекстно залежний вплив, проявляючись переважно у взаємодіях та показниках чистоти посівів. Загалом встановлено, що за правильно підбраного обробітку ґрунту та ущільнення посівів відмова від гербіцидів не спричинило критичного зниження врожайності й не погіршує основних характеристик якості зерна, що підтверджує технологічну життєздатність безгербіцидних інтегрованих агроекологічних підходів.

Наукова новизна цієї наукової праці полягає в тому, що агроценози кукурудзи вперше для умов континентальної зони України розглянуто як динамічні екологічні системи, у яких бур'яни є не лише об'єктом знищення, а індикатором і регулятором екологічного стану посіву. У роботі вперше експериментально доведено, що поєднання системи обробітку ґрунту, густоти посіву та рівня хімічного контролю дозволяє цілеспрямовано змінювати екологічні ніші бур'янів і стримувати домінування найбільш агресивних і резистентних видів без критичного зниження врожайності кукурудзи. Новизна також полягає в обґрунтуванні біологічних механізмів пригнічення бур'янів через зміну світлового режиму, просторової структури посіву та фенологічного таймінгу культури, а не через прямий хімічний вплив. Отримано нові дані про взаємодію агротехнологічних факторів, які показали, що ефект регуляції бур'янів формується саме їх поєднанням, а не окремими технологічними прийомами, що розширює сучасні уявлення агроекології про управління фітоценотичними процесами в агроекосистемах.

Практична значущість роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для вдосконалення технологій вирощування кукурудзи в господарствах континентальної зони України. Запропоновані агроекологічні стратегії сприяють зменшенню застосування гербіцидів без істотного зниження врожайності, що має важливе економічне та екологічне значення. Результати дослідження можуть бути використані під час вибору системи обробітку ґрунту та оптимальної густоти посіву залежно від рівня забур'яненості поля, типу ґрунту та кліматичних умов. Матеріали роботи можуть слугувати основою для розроблення практичних рекомендацій, здійснення агроекологічного моніторингу, а також впровадження

принципів Європейського зеленого курсу та стратегії «From Farm to Fork» у національну аграрну практику.

У цілому результати дослідження формують цілісну наукову концепцію агроекологічного управління бур'янами в посівах кукурудзи, засновану на керуванні екологічними нішами та конкурентними взаємодіями в агроценозі. Робота демонструє можливість переходу від хімічно орієнтованої моделі контролю бур'янів до інтегрованих і безгербіцидних стратегій, які поєднують продуктивність сільськогосподарського виробництва з екологічною стійкістю агроecosystem. Отримані наукові положення та практичні висновки розширюють теоретичні засади агроекології, створюють підґрунтя для подальших досліджень у напрямі сталого землеробства та можуть бути використані як наукова основа для формування сучасної аграрної політики в умовах адаптації України до європейських екологічних стандартів.

Ключові слова: агроекологія, кукурудза, рослинний покрив, бур'яни, сегетальна флора, ґрунт, малопродуктивні землі (маргінальні), агроценоз, система обробітку ґрунту, густина посіву, гербіцидне навантаження, фітоценоз, агробіорізноманіття, видовий склад, кліматичні зміни, фенологічний розвиток, стале сільське господарство, континентальна зона України, біометричні показники рослин, урожайність, якість насіння, Європейський зелений курс.

SUMMARY

Bezvershuk I.M. Agroecological strategies for managing the phytocenotic component of maize agroecosystems in the continental zone of Ukraine. – Qualification scientific work as a manuscript. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 101 “Ecology” (10 – Natural Sciences). – Polissia National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Zhytomyr, 2026.

The dissertation is devoted to the scientific substantiation of agroecological strategies for managing the phytocenotic component of maize agroecosystems in the continental zone of Ukraine, with the aim of reducing chemical inputs, optimizing the structure of weed communities, and maintaining crop productivity. The relevance of the study is determined by the increasing intensity of agriculture, the high dependence of maize cultivation technologies on herbicide-based control, the simplification of agrobiodiversity, and the spread of ecologically plastic and herbicide-resistant weed species. In this research, the maize agroecosystem is considered not merely as an object of agronomic intervention but as a complex ecological system in which weeds, the crop, and soil are in continuous interaction. The study demonstrates that the effectiveness of weed control is determined not so much by direct chemical elimination as by the ability to modify environmental conditions in such a way that maize gains a competitive advantage, while weed communities lose their capacity for dominance.

This research contributes to the implementation of a number of key European and Ukrainian strategic documents in the field of sustainable agricultural development and environmental protection. At the European level, it directly corresponds to the objectives of the European Green Deal and the “From Farm to Fork” strategy, particularly with regard to reducing pesticide use, conserving agrobiodiversity, and increasing the ecological resilience of agri-food systems. The results are also consistent with the EU Biodiversity Strategy for 2030, as they focus on maintaining functional diversity within agroecosystems.

The aim of the study was to scientifically substantiate agroecological strategies for managing the phytocenotic component of maize agrocenoses in the continental zone of Ukraine through the integration of tillage systems, sowing density, and the level of chemical weed control, in order to regulate the structure and dynamics of weed communities, reduce chemical pressure, and maintain the ecological stability and productivity of agroecosystems.

The research methodology was based on an integrated agroecological systems approach, retrospective analysis, and long-term stationary field experiments. The methodological framework consisted of a full-factorial field experiment in which the effects and interactions of tillage systems, maize sowing density, and levels of chemical weed control were evaluated. The dynamics of weed communities were analyzed using geobotanical methods, including the assessment of species composition, abundance, projective cover, and biomass. The phenological development of maize was studied using standard organogenesis scales, which made it possible to trace changes in crop development rates depending on agroecological conditions. The state of the soil environment was assessed using physicochemical indicators of the arable layer. Experimental data were processed using mathematical and statistical methods, including multifactor analysis of variance, correlation, and regression analyses, which ensured a quantitative assessment of the effects of individual factors and their interactions, as well as the reliability of scientific conclusions.

The study shows that long-term and intensive use of herbicides has led to a simplification of weed species composition and the spread of ecologically plastic and resistant species, thereby reducing the ecological stability of agroecosystems. In response, the dissertation substantiates an agroecological approach in which weeds are not considered exclusively as a harmful component, but as an element of the phytocenosis whose abundance and structure can be regulated through tillage systems, maize sowing density, and levels of chemical pressure.

Based on long-term field experiments and retrospective analysis, it is shown that the minimization of tillage combined with optimized or increased sowing density alters

the light regime, spatial structure of the crop stand, and the phenological development rate of maize. This leads to biological suppression of weeds during critical phases of crop development, even with a complete abandonment of herbicides or a substantial reduction in their application. At the same time, maize yield decreases only slightly, indicating the possibility of combining productivity with ecological balance.

The retrospective analysis presented in the dissertation demonstrates that modern maize agrocenoses in the continental zone of Ukraine are formed at the intersection of two key blocks of factors: long-term anthropogenic transformation of weed agrobiodiversity and specific soil–ecological conditions as the abiotic basis of the system. This creates scientific prerequisites for further substantiation of agroecological weed management strategies in which control effectiveness is determined not only by the intensity of individual measures, but by their capacity to modify the ecological niches of segetal flora and competitive interactions within the agroecosystem.

The dissertation establishes that the phenological development of maize is a sensitive biological response to the combination of agroecological factors and is primarily determined by the tillage system and herbicide background, while sowing density has mainly a modifying rather than a determining effect. At early stages of ontogenesis, differences between treatments were minimal; however, starting from the 7–9 leaf stages and especially during the generative period, the greatest inter-treatment differences in development rates were observed. The absence of herbicides caused a stable prolongation of the vegetation period due to increased competition with weeds, while the interaction between tillage and herbicide background was statistically significant for almost all phenological stages. The most balanced and rapid progression of phenological phases was ensured by minimized tillage systems under herbicide control, whereas deep ploughing without herbicides resulted in delayed maturation. These results confirm that the calendar of phenological stages can serve as an integral indicator of the effectiveness of agroecological strategies in maize crops.

The results indicate that the formation of weed communities in maize crops is determined by the combined action of agroecological factors, among which the tillage

system plays a leading role, while sowing density acts as an important enhancer of crop-based control. Analysis of variance confirmed the statistically significant effects of all three factors, especially their interactions, with the most effective weed suppression achieved by combinations of surface tillage and increased sowing density. The species composition of weed communities varied among treatments; however, a stable “core” of dominant species (including *Elymus repens*, *Convolvulus arvensis*, *Sonchus arvensis*) persisted in all crops and exerted the main competitive pressure on maize. The herbicide background primarily affected sensitive groups (particularly annual grasses), while resistant dicotyledonous and perennial species were partially preserved. Cluster analysis using the Jaccard index identified typical species associations, enabling the prediction of weed infestation structure and the substantiation of integrated control decisions based on co-occurrence patterns.

It has been demonstrated that the agroecological effectiveness of integrated weed management strategies in maize crops is ensured primarily by biological self-regulation mechanisms of the agrophytocenosis and by optimization of technological elements, rather than by chemical control alone. Weed suppression is realized through competitive exclusion (primarily for light), rapid canopy closure at increased sowing density, modification of the microclimate under the crop canopy, and regulation of the weed seed bank depending on the tillage system. Multifactor analysis showed that the key determinants of yield and most grain quality parameters are sowing density and tillage system, while the herbicide background has a secondary and context-dependent effect, manifested mainly in interactions and indicators of grain cleanliness. Overall, it was established that, with properly selected tillage systems and increased crop density, the refusal of herbicides does not lead to a critical reduction in yield or deterioration of key grain quality characteristics, confirming the technological viability of non-herbicide integrated agroecological approaches.

The novelty of this scientific work lies in the fact that maize agrocenoses in the continental zone of Ukraine are, for the first time, considered as dynamic ecological systems in which weeds are not only objects of elimination, but also indicators and

regulators of the ecological state of the crop stand. The dissertation provides the first experimental evidence that the combination of tillage systems, sowing density, and levels of chemical control allows targeted modification of weed ecological niches and restraint of dominance by the most aggressive and resistant species without critical yield losses in maize. Novelty also consists in substantiating biological mechanisms of weed suppression through changes in light regime, spatial crop structure, and crop phenological timing rather than through direct chemical impact. New data on the interaction of agrotechnological factors were obtained, demonstrating that weed regulation effects are formed precisely by their combination rather than by individual technological practices, thereby expanding modern agroecological concepts of managing phytocenotic processes in agroecosystems.

The practical significance of the work lies in the possibility of using the obtained results to improve maize cultivation technologies in farms of the continental zone of Ukraine. The proposed agroecological strategies make it possible to reduce or partially replace herbicide application without significant yield losses, which is important from both economic and environmental perspectives. The results can be applied in selecting tillage systems and optimal sowing density depending on weed infestation levels, soil type, and climatic conditions. The research materials are suitable for developing practical recommendations, agroecological monitoring, and implementing the principles of the European Green Deal and the “From Farm to Fork” strategy in national agricultural practice.

Overall, the research results form a coherent scientific concept of agroecological weed management in maize crops based on the management of ecological niches and competitive interactions within the agrocenosis. The dissertation demonstrates the possibility of transitioning from a chemically oriented weed control model to integrated and non-herbicide strategies that combine agricultural productivity with ecological sustainability of agroecosystems. The obtained scientific propositions and practical conclusions expand the theoretical foundations of agroecology, create a basis for further research in sustainable agriculture, and can be used as a scientific foundation for shaping

modern agricultural policy in the context of Ukraine's adaptation to European environmental standards.

Keywords: agroecology, maize, plant cover, weeds, segetal flora, soil, low-productive lands (marginal), agrocenosis, tillage system, sowing density, herbicide load, phytocenosis, agrobiodiversity, species composition, climate change, phenological development, sustainable agriculture, continental zone of Ukraine, biometric parameters of plants, yield, seed quality, European Green Deal.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних:

1. **Bezvershuck I.** Influence of agrotechnological factors on the rate of development and progression of phenological phases in maize (*Zea mays L.*). *Scientific Horizons*. 2025. Vol. 28, No. 12. P. 18–30. DOI: 10.48077/scihor12.2025.18
2. **Bezvershuck I.,** Fedoniuk T. Sustainable weeds management in maize cultivation: Evaluating agroecological practices and tillage systems. *Scientific Horizons*. 2025. Vol. 28, No. 7. P. 22–33. DOI: 10.48077/scihor7.2025.22 (збір даних, аналіз, формування висновків).
3. Fedoniuk T., Zhuravel S., Kravchuk M., Pazych V., **Bezvershuck I.** Historical sketch and current state of weed diversity in continental zone of Ukraine. *Agriculture and Natural Resources*. 2024. Vol. 58, iss. 5. P. 631–642. DOI: 10.34044/j.anres.2024.58.5.10 (збір даних, аналіз).
4. Fedoniuk T., Pyvovar P., Topolnytskyi P., **Bezvershuck I.,** Tereshchuk V., Puleko I. Estimation of temporal and spatial characteristics of oat development parameters using Sentinel–1 backscatter data. *Agronomy Research*. 2025. Vol. 23(2). P. 1060–1073. DOI: 10.15159/AR.25.088 (збір даних, валідація результатів).
5. Nykytiuk Yu., Kravchenko O., Vyskushenko D., Pitsil A., Komorna O., **Bezvershuck I.** Bioclimatic constraints and edaphic preferences of wheat: implications for environmental suitability forecasting under climate change. *Studia Biologica*. 2025. Vol. 19, No. 4. P. 137–156. DOI: 10.30970/sbi.1904.859 (інтерпретація результатів досліджень).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

6. **Безвершук І. М.** Агротехнологічні чинники забур'яненості та темпів розвитку кукурудзи. *Поліські наукові читання – 2025* : матеріали Міжнар. наук.–практ. конф. (2–4 грудня 2025 р.). Чернігів, 2025. С. 96–99.

7. **Безвершук І. М.** Вплив агротехнологічних факторів на фенологічний розвиток кукурудзи (*Zea mays* L.) в умовах Полісся. *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва* : матеріали ІХ Міжнар. наук.-практ. конф., 28 листоп. 2025 р. / Держ. біотехнологічний ун-т. Харків, 2025. С. 48–51.

8. **Безвершук І. М.,** Петрук Т. В., Федонюк Т. П. Фермери про європейський зелений курс: як сприймаються агроекологічні підходи в управлінні бур'янами. *Політика згуртування ЄС: реальність, виклики, перспективи* : зб. наукових праць Міжнар. наук.–практ. конф. (09 травня 2025 р.). Житомир : Поліський нац. університет, 2025. С. 162–173.

9. Stoliar S., **Bezvershuk I.** Agroecological substantiation of winter rape cultivation in Polissia. *The II International Scientific and Practical Conference «Problems of modern youth and the latest methods of assistance»* (September 09–11, 2024). Hamburg, Germany, 2024. P. 8–10.

10. **Безвершук І. М.,** Можарівська І. А. Основні елементи технології вирощування ріпака озимого. *Зимові наукові читання – 2023* : СХVІІІ Міжнародна наук.–практ. інтернет–конф. (6 лютого 2023 р.). Кропивницький, 2023. С. 12–14.

11. **Безвершук І. М.,** Можарівська І. А. Вирощування озимого ріпаку в умовах Полісся України. *Сучасні тенденції розвитку галузі землеробства: проблеми та шляхи їх вирішення* : матеріали ІІІ Міжнар. наук.–практ. конф. (8–9 червня 2023 р.). Житомир : Поліський університет, 2023. С. 144.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	2
SUMMARY.....	8
СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ	14
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ.....	19
ВСТУП.....	22
РОЗДІЛ 1. НАУКОВІ ЗАСАДИ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ БУР'ЯНОВИМИ УГРУПОВАННЯМИ В ПОСІВАХ КУКУРУДЗИ	29
1.1. Історичний нарис і сучасний стан різноманіття бур'янів у посівах кукурудзи континентальної зони України.....	31
1.2. Кукурудза як ключовий компонент агроєкосистем: екологічні функції посіву та чинники, що визначають взаємодію «культура–середовище– бур'яни».....	37
1.2.1. Керовані технологічні чинники агроєкосистеми кукурудзи, що визначають тиск бур'янів	38
1.2.2. Кліматичні виклики континентальної зони та адаптація технологій виращування кукурудзи як чинник зміни бур'янових угруповань	40
1.3 Бур'яни як екологічний фактор агроценозів кукурудзи	41
1.4. Системи обробітку ґрунту як чинник формування бур'янових угруповань.....	44
1.5. Густота посіву кукурудзи як біологічний механізм регуляції бур'янів.....	47
1.6 Хімічний контроль бур'янів та його екологічні обмеження.....	50
1.7 Агроєкологічні стратегії управління бур'янами в посівах кукурудзи	52
Висновки до розділу 1.....	55
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МЕТОДИКА ТА ДИЗАЙН ДОСЛІДЖЕНЬ	58

2.1 Мета, завдання і об'єкти досліджень	58
2.2 Природні умови території досліджень	60
2.3 Ретроспективний аналіз формування агробіорізноманіття бур'янів... 63	
2.4 Експериментальний дизайн та організація	66
2.4.1 Загальна схема досліду та сівозміна.....	66
2.5 Збір зразків ґрунту та аналіз фізико–хімічних властивостей.....	74
Агрохімічні показники ґрунту та методи їх визначення.....	75
2.6 Фенологічний розвиток кукурудзи	77
2.7. Облік бур'янів.	82
2.8. Визначення якості врожаю	87
РОЗДІЛ 3. АГРОЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ АГРОЦЕНОЗІВ КУКУРУДЗИ	89
3.1. Трансформація агробіорізноманіття бур'янів у континентальній зоні України.....	89
3.1.1. Ретроспективна динаміка видового складу бур'янів (1966–2023 рр.).....	89
3.1.2. Сучасний стан агробіорізноманіття бур'янів у посівах кукурудзи .	95
3.2. Ґрунтове середовище як базовий екологічний модератор агроценозу кукурудзи.....	102
РОЗДІЛ 4. БІОЛОГІЧНА РЕАКЦІЯ КУКУРУДЗИ НА АГРОЕКОЛОГІЧНІ СТРАТЕГІЇ	108
4.1. Фенологічний розвиток кукурудзи за різних поєднань агроекологічних факторів.....	108
4.2. Вплив системи обробітку ґрунту, густоти посіву та гербіцидного фону на темпи проходження фенологічних фаз	112
Висновки до розділу 4	117

РОЗДІЛ 5. ФОРМУВАННЯ БУР'ЯНОВИХ УГРУПОВАНЬ У ПОСІВАХ КУКУРУДЗИ.....	119
5.1. Чисельність і видовий склад бур'янів за різних агроекологічних стратегій.....	119
5.2. Видовий склад і структура бур'янових угруповань у посівах кукурудзи за різних агроекологічних стратегій	124
5.3. Аналіз показників забур'яненості та фітомаси бур'янів за різних агроекологічних стратегій	128
5.4. Взаємодія факторів F1–F3 у регуляції бур'янів.....	133
Висновок до розділу 5.....	135
РОЗДІЛ 6. АГРОЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНТЕГРОВАНИХ СТРАТЕГІЙ УПРАВЛІННЯ БУР'ЯНАМИ.....	137
6.1. Біологічні механізми пригнічення бур'янів у посівах кукурудзи	137
6.2. Порівняльна оцінка хімічних і безгербіцидних систем управління бур'янами з урахуванням елементів технології вирощування та якості зерна кукурудзи	141
Висновки до розділу 6.....	153
ВИСНОВКИ	155
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	158
Список використаної літератури	160
Додатки.....	191

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

Скорочення	Розшифрування
A1	Стандартна густина посіву кукурудзи (1,1 посівної одиниці на гектар)
A2	Підвищена (ущільнена) густина посіву кукурудзи (1,3 посівної одиниці на гектар)
ANOVA	Багатофакторний дисперсійний аналіз (analysis of variance)
Ash	Зольність зерна, % сухої речовини
B	Збережений урожай на одного знищеного шкідника
Cv	Коефіцієнт варіації
Develop_DisMac	Макроскопічна оцінка розвитку хвороб
Develop_DisMic	Мікроскопічна оцінка розвитку хвороб
F1	Фактор «система обробітку ґрунту»
F2	Фактор «густина посіву кукурудзи»
F3	Фактор «рівень хімічного контролю бур'янів»
FlowCob	Фенологічна фаза: цвітіння качана
FlowPanic	Фенологічна фаза: цвітіння волоті
FullRip	Фенологічна фаза: повна стиглість
H1	Стандартний гербіцидний фон
H2	Безгербіцидний варіант вирощування
HibernPest	Оцінка чисельності зимуючих шкідників
IS	Вміст домішок у зерні, %
ЛП	Індекс листкової поверхні
MilkRip	Фенологічна фаза: молочна стиглість
M	Вологість зерна кукурудзи при збиранні, %
Mpre	Вологість зерна після кондиціювання, %
N	Вміст азоту в зерні кукурудзи, %

Скорочення	Розшифрування
PS	Чистота насіння, %
SG	Схожість насіння, %
S1	Традиційна система обробітку ґрунту (оранка 18–20 см)
S2	Агроекологічна система обробітку ґрунту (дискування 10–12 см)
S3	Агроекологічна система з мінімальним механічним втручанням (фрезерування 5–7 см)
SeedGerm	Фенологічна фаза: проростання насіння
Sprout	Фенологічна фаза: поява сходів
3rdleaf	Фенологічна фаза: утворення 3-го листка
5thleaf	Фенологічна фаза: утворення 5-го листка
7thleaf	Фенологічна фаза: утворення 7-го листка
9thleaf	Фенологічна фаза: утворення 9-го листка
SoilSurfPest	Оцінка чисельності шкідників на поверхні ґрунту
Spread_DisMac	Макроскопічна оцінка поширення хвороб
Spread_DisMic	Мікроскопічна оцінка поширення хвороб
Te	Економічний поріг шкідливості
TKW	Маса 1000 зерен (thousand kernel weight), г
TubEmerg	Фенологічна фаза: вихід у трубку
V	Відносна втрата врожаю від пошкодження шкідниками
Wloss	Абсолютна втрата маси врожаю з однієї рослини
ФАР	Фотосинтетично активна радіація
TWD	загальне проективне покриття бур'янів, %
TMD	загальне проективне покриття однодольних бур'янів, %
TDD	загальне проективне покриття дводольних бур'янів, %
spp1–spp5	проективне покриття окремих видів бур'янів (1–5), %

Скорочення	Розшифрування
DEN	щільність бур'янів, spp/м ²
MFW	свіжа маса однодольних бур'янів, г/м ²
MDW	суха маса однодольних бур'янів, г/м ²
DFW	свіжа маса дводольних бур'янів, г/м ²
DDW	суха маса дводольних бур'янів, г/м ² ;
TFW	загальна свіжа маса бур'янів, г/м ²
TDW	загальна суха маса бур'янів, г/м ²
APL	довжина надземної частини рослин (опціонально), см
spp_FW1–	свіжа маса окремих видів бур'янів (1–5), г/м ²
spp_FW5	
spp_DW1–	суха маса окремих видів бур'янів (1–5), г/м ²
spp_DW5	
Seed1	банк насіння бур'янів, кількість особин на кг ґрунту
Seed2	банк насіння бур'янів, кількість насінин на кг ґрунту
phy_spp1–	фітоценотичний індекс окремих видів бур'янів (1–5), 0–100
Iphy_spp5	
TSWD	загальне проективне покриття безнасінневих бур'янів, %
SWFW	свіжа маса безнасінневих бур'янів, г/м ²
SWDW	суха маса безнасінневих бур'янів, г/м ²

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку сільського господарства характеризується зростанням антропогенного навантаження на агроєкосистеми, що зумовлює деградацію ґрунтового покриву, спрощення біорізноманіття та зниження екологічної стійкості агроландшафтів. Одним із ключових чинників такого навантаження є інтенсивне використання хімічних засобів захисту рослин, зокрема гербіцидів, які тривалий час розглядалися як основний інструмент контролю бур'янів у посівах польових культур.

Кукурудза (*Zea mays L.*) належить до стратегічно важливих культур для аграрного сектору України та відіграє провідну роль у структурі землекористування, особливо в континентальній зоні країни. Водночас біологічні особливості культури – повільний початковий ріст, широкі міжряддя та висока потреба в ресурсах – зумовлюють її високу чутливість до забур'яненості на ранніх етапах онтогенезу. Це сприяло формуванню технологій вирощування кукурудзи з високою залежністю від гербіцидного контролю.

Проте багаторічна практика хімічної боротьби з бур'янами призвела до низки екологічних проблем, зокрема формування гербіцидної резистентності бур'янів, спрощення сегетальної флори, порушення ґрунтових біологічних процесів та зростання екологічних ризиків для агроєкосистем. В умовах кліматичної мінливості ці проблеми загострюються, оскільки ефективність гербіцидів знижується, а конкурентні переваги окремих бур'янових видів посилюються.

У цьому контексті особливої актуальності набуває перехід від вузькоінструментальних методів контролю бур'янів до агроєкологічних стратегій, що ґрунтуються на використанні біологічних і екологічних механізмів регуляції. Поєднання систем обробітку ґрунту, оптимізованої густоти посіву та зниженого або відсутнього хімічного навантаження розглядається як перспективний шлях підвищення екологічної стійкості агроценозів кукурудзи без втрати їх продуктивності.

Незважаючи на наявність значної кількості досліджень, більшість із них зосереджені на вивченні окремих технологічних чинників, тоді як комплексна оцінка їхньої взаємодії в межах єдиної агроекологічної системи для умов континентальної зони України залишається недостатньо опрацьованою. Це зумовлює наукову та практичну актуальність даної дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження виконано упродовж 2023–2025 років у межах науково-дослідної роботи Поліського національного університету та безпосередньо пов'язане з реалізацією міжнародного наукового проєкту ID 101084084 – AGROSUS: «Agroecological strategies for sustainable weed control in key European crops», що фінансується в рамках Рамкової програми Horizon Europe.

Робота відповідає тематиці НДР «Агроекологічне обґрунтування вирощування кукурудзи в умовах континентальної зони України», зареєстрованої у Державному реєстрі наукових досліджень за номером 0125U004076, і спрямована на розроблення науково обґрунтованих агроекологічних підходів до управління бур'янами в агроекосистемах ключових сільськогосподарських культур. Отримані результати інтегруються у загальну концепцію екологізації землеробства та відповідають стратегічним цілям Європейського зеленого курсу й ініціативи «From Farm to Fork».

Мета і завдання дослідження.

Метою роботи було науково обґрунтувати агроекологічні стратегії управління фітоценотичним компонентом агроценозів кукурудзи в умовах континентальної зони України шляхом інтеграції системи обробітку ґрунту, густоти посіву та рівня хімічного контролю бур'янів для регуляції структури й динаміки бур'янових угруповань, зниження хімічного навантаження та збереження екологічної стійкості й продуктивності агроекосистем.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачалося розв'язання таких завдань:

1) обґрунтувати актуальність розробки агроекологічних стратегій вирощування кукурудзи в умовах континентальної зони України з метою забезпечення продуктивності культури та підвищення екологічної стійкості агроecosystem.

2) встановити причини змін видового складу агроценозів на основі ретроспективного аналізу та оцінки сучасного стану землеробства;

3) проаналізувати вплив різних систем обробітку ґрунту, густоти посіву та рівня хімічного контролю на фізико-хімічні властивості ґрунту;

4) встановити закономірності фенологічного розвитку кукурудзи залежно від застосованих агроекологічних стратегій;

5) оцінити зміни видового складу та рівня забур'яненості посівів кукурудзи під впливом поєднання технологічних чинників;

6) дослідити взаємодію факторів системи обробітку ґрунту, густоти посіву та гербіцидного фону у формуванні бур'янових угруповань;

7) обґрунтувати можливості зниження хімічного навантаження без втрати продуктивності культури;

Об'єкт дослідження – процеси формування та функціонування агроecosystem кукурудзи в умовах континентальної зони України.

Предмет дослідження – агроекологічні стратегії вирощування кукурудзи та їхній вплив на ґрунтове середовище, біологічні особливості розвитку культури, видовий склад і рівень забур'яненості агроценозів.

Методи дослідження. У дисертаційній роботі застосовано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів дослідження, що забезпечили системний аналіз агроекологічної ефективності інтегрованих стратегій управління бур'янами у посівах кукурудзи. Із загальнонаукових методів використано аналіз і синтез, індукцію та дедукцію, узагальнення, порівняння, моделювання, експеримент і спостереження, які застосовувалися для формування наукової гіпотези, обґрунтування схеми досліду, інтерпретації експериментальних результатів і формулювання висновків. Спеціальні методи досліджень включали польовий експеримент, закладений за схемою повно

факторної моделі ($3 \times 2 \times 2$), фенологічні спостереження за розвитком кукурудзи та бур'янів, геоботанічні методи обліку бур'янової рослинності, зокрема визначення видового складу, чисельності та структури бур'янових угруповань. Для кількісної оцінки забур'яненості застосовували методи визначення проєктивного покриття, біомаси бур'янів та аналіз динаміки їх розвитку впродовж вегетаційного періоду. Агроекологічну оцінку технологічних варіантів здійснювали з використанням біометричних методів. Окрему групу становили методи аналізу біологічних механізмів пригнічення бур'янів, які включали оцінку конкурентних взаємодій між культурою та бур'янами, аналіз умов мікроклімату під щільним рослинним покривом культури та впливу системи обробітку ґрунту на функціонування насіннєвого банку бур'янів. Обробку експериментальних даних здійснювали із застосуванням математико-статистичних методів, зокрема варіаційного, кореляційного та регресійного аналізів, а також багатофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA), що використовувався для оцінки впливу окремих факторів і їх взаємодій на врожайність і якість зерна кукурудзи. Статистичну обробку результатів проводили з використанням сучасних програмних засобів, що забезпечило об'єктивність і достовірність отриманих висновків.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у розвитку та поглибленні агроекологічних підходів до управління бур'яновими угрупованнями в посівах кукурудзи в умовах континентальної зони України. Уперше агроценози кукурудзи розглянуто не лише як об'єкт агротехнічного впливу, а як динамічні екологічні системи, у яких взаємодія між культурою, бур'янами та ґрунтовим середовищем визначається комплексом керованих технологічних факторів.

Уперше для умов континентальної зони України на основі багатофакторного польового експерименту обґрунтовано інтегровану агроекологічну модель регуляції бур'янів, що поєднує систему обробітку ґрунту, густоту посіву кукурудзи та рівень хімічного контролю. Показано, що ефективність управління бур'яновими угрупованнями визначається не стільки

окремими елементами технології, скільки їхньою взаємодією та здатністю змінювати екологічні ніші сегетальної флори.

Отримано нові дані щодо закономірностей перебудови видового складу та структури бур'янових угруповань залежно від поєднання агроекологічних факторів. Уперше встановлено, що зменшення інтенсивності механічного обробітку ґрунту у поєднанні з оптимізованою густрою посіву може призводити до формування більш екологічно стабільних бур'янових угруповань із нижчим рівнем домінування агресивних видів.

Удосконалено уявлення про біологічні механізми пригнічення бур'янів у посівах кукурудзи, зокрема через зміну світлового режиму, просторової структури агроценозу та темпів формування листової маси культури. Доведено, що підвищена густина посіву за певних умов може частково компенсувати відмову від гербіцидів без істотного зниження продуктивності.

Набули подальшого розвитку положення щодо індикаторної ролі бур'янів як показників екологічного стану агроєкосистем. Показано, що видовий склад і домінантна структура сегетальної флори відображають рівень антропогенного навантаження та ступінь екологічної збалансованості технологій вирощування кукурудзи.

Практичне значення очікуваних наукових результатів. Практичне значення дисертаційної роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для вдосконалення технологій вирощування кукурудзи з урахуванням принципів екологічної сталості та раціонального використання природних ресурсів. Запропоновані агроекологічні стратегії дозволяють знизити залежність від гербіцидів, що є важливим у контексті зростання вартості засобів захисту рослин, формування резистентності бур'янів і підвищених екологічних вимог до агровиробництва.

Результати дослідження можуть бути використані при розробленні рекомендацій для господарств континентальної зони України щодо вибору систем обробітку ґрунту та густоти посіву кукурудзи залежно від фітосанітарного стану поля. Практичні напрацювання дозволяють оптимізувати

технологічні рішення з урахуванням екологічних ризиків, зменшити антропогенне навантаження на ґрунтове середовище та підвищити стабільність агроценозів.

Отримані дані можуть бути використані у системах агроекологічного моніторингу, зокрема для оцінки змін бур'янових угруповань як індикаторів трансформації землеробських практик. Результати також мають прикладне значення для впровадження положень Європейського зеленого курсу та стратегії «From Farm to Fork» у національну аграрну практику.

Результати дисертаційної роботи впроваджені у практичну діяльність ТОВ «Вахнівське», СВК «Білопільський», ФГ «Гуменний О.М.», ПСП «Сокільча», СВК «Ружинський». Матеріали дисертації можуть бути використані в освітньому процесі закладів вищої освіти аграрного та екологічного профілю при викладанні дисциплін «Агроекологія», «Екологія агроecosистем», «Фітоценологія», а також у підготовці методичних рекомендацій і навчальних посібників.

Особистий внесок здобувача. Особистий внесок здобувача полягає у самостійному формуванні концепції дослідження, виборі методологічних підходів та реалізації повного циклу наукової роботи – від постановки мети й завдань до інтерпретації результатів і формулювання висновків.

Здобувачем особисто виконано аналіз сучасних вітчизняних і зарубіжних наукових джерел, обґрунтовано вибір агроекологічних стратегій як об'єкта дослідження, розроблено програму спостережень. Проведено польові дослідження: обліки бур'янів, фенологічні спостереженнями за розвитком кукурудзи, відбір ґрунтових зразків і первинною обробкою експериментальних даних.

Здобувач здійснив статистичну обробку результатів, інтерпретацію отриманих даних з екологічних позицій, підготував графічні матеріали та узагальнив результати у вигляді наукових висновків і практичних рекомендацій. Геоінформаційний і дистанційний аналіз стану посівів виконано здобувачем

особисто із залученням консультативної допомоги фахівців Центру космічних та геоінформаційних технологій Поліського національного університету.

У наукових працях, опублікованих у співавторстві, внесок здобувача полягає у формуванні ідеї дослідження, зборі та аналізі експериментальних даних, підготовці текстів статей і формулюванні висновків; права співавторів не порушено.

Апробація матеріалів досліджень. Основні теоретичні положення, а також окремі результати досліджень було обговорено на Міжнародній науково-практичній конференції «Поліські наукові читання – 2025» (м. Чернігів, 02 – 04 грудня 2025 р.); IX Міжнародній науково-практичній конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва (м. Харків, 28 листопада 2025 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Політика згуртування ЄС: реальність, виклики, перспективи» (м. Житомир, 09 травня 2025 року); XVIII Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Зимові наукові читання – 2023» (м. Кропивницький, 6 лютого 2023 року); III Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні тенденції розвитку галузі землеробства: проблеми та шляхи їх вирішення» (м. Житомир, 8–9 червня 2023 року); The II International Scientific and Practical Conference «Problems of modern youth and the latest methods of assistance» (Hamburg, Germany September, September 09–11, 2024).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 11 наукових праць, з них 4 у наукових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science, 1 – у фахових виданнях України, 5 тез доповідей на наукових конференціях.

РОЗДІЛ 1. НАУКОВІ ЗАСАДИ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ БУР'ЯНОВИМИ УГРУПОВАННЯМИ В ПОСІВАХ КУКУРУДЗИ

Дисертаційне дослідження виконано у контексті сучасних європейських і національних підходів до екологізації сільського господарства та відповідає ключовим положенням Європейської зеленої угоди (European Green Deal), яка визначає стратегічний курс Європейського Союзу на перехід до кліматично нейтральної, ресурсоефективної та екологічно стійкої економіки [98, 100]. Одним із пріоритетних напрямів реалізації Зеленої угоди є трансформація аграрного сектору з метою зменшення негативного впливу на довкілля, збереження ґрунтових ресурсів і біорізноманіття та зниження залежності від хімічних засобів захисту рослин.

Запропоновані в дисертації агроєкологічні стратегії управління фітоценотичним компонентом агроценозів кукурудзи безпосередньо корелюють із положеннями стратегії ЄС «Від ферми до виделки» (Farm to Fork), яка передбачає скорочення використання та ризиків пестицидів і впровадження альтернативних, екологічно обґрунтованих підходів до захисту рослин [34, 98]. У роботі доведено можливість зниження гербіцидного навантаження за рахунок оптимізації системи обробітку ґрунту, густоти посіву та використання екологічних механізмів конкуренції в агроценозі без зменшення врожайності та якості зерна кукурудзи, що повністю відповідає концепції сталих продовольчих систем.

Дослідження також узгоджується з Директивою ЄС 2009/128/ЕС щодо сталого використання пестицидів, яка закріплює принципи інтегрованого захисту рослин (IPM) та пріоритетність нехімічних методів регуляції чисельності шкідливих організмів [101]. Запропонована модель управління бур'янами базується на поєднанні агротехнічних і екологічних чинників, що забезпечує зменшення залежності від гербіцидів і відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки агровиробництва.

Відповідність Стратегії ЄС з біорізноманіття до 2030 року проявляється у використанні видового складу та структури бур'янових угруповань як індикаторів екологічного стану агроценозів і доведенні можливостей стабілізації агробіорізноманіття шляхом оптимізації технологічних прийомів [99]. Оцінка агрохімічних показників ґрунту та аналіз впливу різних систем обробітку ґрунту узгоджуються з положеннями ґрунтової стратегії ЄС до 2030 року, спрямованої на збереження ґрунтового здоров'я та запобігання деградації ґрунтів.

На національному рівні результати дисертації відповідають Основним засадам (стратегії) державної екологічної політики України на період до 2030 року, які передбачають екологізацію аграрного виробництва, зменшення антропогенного навантаження на екосистеми та впровадження ресурсоефективних технологій. Крім того, дослідження узгоджується зі Стратегією екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату до 2030 року, оскільки спрямоване на підвищення стійкості агроекосистем і зменшення залежності від хімічних чинників виробництва в умовах кліматичних змін.

Таким чином, дисертаційна робота має чітку євроінтеграційну спрямованість і формує науково обґрунтовану основу для впровадження агроекологічних підходів у виробництво кукурудзи, що відповідає стратегічним цілям Європейського Союзу та України у сфері сталого розвитку сільського господарства.

1.1. Історичний нарис і сучасний стан різноманіття бур'янів у посівах кукурудзи континентальної зони України

Кукурудза (*Zea mize L.*) є важливою культурою у сільськогосподарському виробництві, що займає значну частину орних земель у всьому світі, зокрема в Україні. Значна врожайність та широке застосування цієї культури роблять їх важливими для продовольчої та кормової безпеки [110]. *Еренштейн та ін. (2021)* наголошують, що виробництво кукурудзи стикається з різними проблемами, однією з найважливіших з яких є забур'яненість посівів [96]. Бур'яни конкурують за необхідні ресурси – воду, поживні речовини та світло – що може значно знизити врожайність. Поширені способи контролю бур'янів, зокрема застосування гербіцидів, мають низку недоліків, серед яких формування резистентності бур'янів до гербіцидів, негативний вплив на ґрунт і навколишнє середовище, а також висока вартість [159, 174]. Тому вкрай важливо визначити альтернативні методи боротьби з бур'янами, які є екологічно та економічно доцільними. *Радічетті та Манчінеллі (2021)* наголошують, що агроекологічні підходи до боротьби з бур'янами набувають все більшого значення в сучасному сільському господарстві [187]. Ці методи поєднують механічні, біологічні та агротехнічні прийоми для ефективного зменшення забур'яненості сільськогосподарських культур, мінімізуючи при цьому шкоду для навколишнього середовища. Їх застосування сприяє підвищенню родючості ґрунту, збереженню агроєкосистем та зниженню витрат на вирощування.

Фурманець та ін. (2021) наголошують, що бур'яни, які зазвичай домінують на сільськогосподарських культурах, зазвичай потребують подібних умов росту та розвитку, як і культурні рослини [31]. Тому всебічне розуміння їхніх стратегій адаптації, типових реакцій на сільськогосподарські методи та застосування пестицидів є важливим для розробки ефективних систем боротьби з бур'янами, які мінімізують втрати врожаю. Протягом останніх двох десятиліть спостерігаються значні та швидкі зміни у факторах, що впливають на поширення видів бур'янів [106]. Ці зміни значною мірою зумовлені змінами землекористування, просторовою конфігурацією сільськогосподарських зон,

впровадженням короткоротаційних сівозмін, застосуванням методів мінімального обробітку ґрунту, скороченням технічних втручань та обмеженим використанням органічних добрив.

Історично вчені приділяли мало уваги агроекосистемам, оскільки вважалося, що вони добре регульовані та не мають різноманіття, а дослідження складу видів біорізноманіття здебільшого зосереджувалися на природних або напівприродних середовищах, таких як луки, пасовища, водно-болотні угіддя та лісові екосистеми [102, 229].

Незважаючи на значну кількість наукової літератури, на сьогодні не визначено єдиного підходу до проблеми управління бур'янами. Внаслідок посилення застосування хімічних засобів захисту рослин і інтенсивної обробки ґрунту вчені дійшли висновку, що бур'яни завжди залишатимуться проблемою в сільськогосподарських культурах, оскільки як поверхневий, так і глибокий обробіток ґрунту підвищили ймовірність росту бур'янів [64, 179, 191]. Водночас деякі експерти стверджують, що вища концентрація насіння бур'янів на поверхні під час мінімального обробітку ґрунту сприяє їхньому проростанню та подальшому знищенню [64], тоді як оранка призводить до появи стратифікованих бур'янів поблизу поверхні ґрунту, створюючи більш сприятливі умови для їх проростання [49; 79, 188].

Після 1950-х років ландшафтна структура досліджуваної території зазнала значних змін через зростання інтенсивності використання сільськогосподарських земель, подібно до Європи, як це задокументували *Jiménez-Olivencia та ін (2021)* [84, 149]. Підхід до землекористування, що характеризується невеликими полями та різноманітною рослинністю вздовж меж, перетворився на однорідний і розширений простір шляхом з'єднання полів і видалення лінійних характеристик і межевої рослинності [198, 200, 206, 217].

Протягом історії домінуючі підходи до управління бур'янами включали хімічні та механічні методи [145, 177]. Поточне дослідження базувалося на ґрунтовному розгляді історичного виміру сільськогосподарського зростання в

Україні. Відповідно, повний обсяг дослідження можна розділити на три окремі етапи.

Початковий етап тривав до 1990 року, під час якого боротьба бур'янів у агроценозах континентальної частини була досягнута шляхом застосування гербіцидів. *Gianessi (2013)* зазначав, що у 1960–х роках у Радянському Союзі було значне зростання врожайності зерна у колгоспах завдяки широкому застосуванню гербіцидів [109]. Гербіциди широко використовувалися у великих кількостях у 1950–х і 1980–х роках [56]. За даними *Hosseini (2015)*, близько 46 мільйонів га землі було оброблено пестицидами у 1975 році, а гербіциди застосовувалися на 23 мільйонах га [123].

Розпад Радянського Союзу у 1991 році призвів до приватизації колективних господарств, що обумовило перехід України у другу фазу сільськогосподарського покращення виробництва [152]. Рушійною силою цього періоду стало виконання резолюції «Про земельну реформу» (1990), Указу Президента України «Про термінові заходи для прискорення реформи аграрного сектору економіки» (1999) та вступ України до Світової організації торгівлі у 2008 році, як зазначено в аналітичному звіті про розвиток ринку сільськогосподарських земель в Україні [104]. У 1990–х роках відбулися ринкові реформи, такі як приватизація, відродження господарств, денационалізація державних господарств та реорганізація колективних господарств у комунальні сільськогосподарські підприємства [12, 179].

Початковий етап цього другого етапу включав денационалізацію та приватизацію державних компаній. Метою реформування майнових відносин у сільськогосподарському секторі було створення ефективного користувача сільськогосподарських земель. На думку *Іващенко та ін. (2019)*, уряд більше не мав виключної власності на земельні володіння [12]. Наприклад, у 1992 році всі сільськогосподарські землі України належали державі. Однак станом на 1 січня 2011 року власність держави зменшилася до 48,9% [171]. Проте, незважаючи на значний прогрес у земельних відносинах в Україні, державна підтримка сільського господарства була ліквідована, залишивши багато

сільськогосподарських підприємств без фінансових ресурсів, необхідних для отримання гербіцидів. Зниження використання пестицидів стало основним катализатором зменшення виробництва пшениці в пострадянських країнах, причому Україна зазнала помітного впливу у 1990–х роках [13]. На початку 2000–х років спостерігалось помітне зростання поширеності бур'янів у культурах, що визнано основним чинником, що призводить до втрати врожаю [166, 188].

За даними *Gianessi (2013)*, у 2002 році понад половина кукурудзяних полів в Україні була оброблена гербіцидами [109]. За останні 50 років сільськогосподарські практики в країні стали більш інтенсивними, що призвело до таких змін, як збільшення площі орних земель і більша залежність від хімічних методів контролю бур'янів [182]. Отже, до 2012 року відсоток кукурудзяних полів в Україні, які піддавалися обробці гербіцидами, зріс до 90% [17]. У 1990–х роках в Україні спостерігалася тенденція до зменшення використання засобів захисту рослин, зменшившись з 89 100 т (2,7 кг/га) у 1991 році до 32,50 т (1,1 кг/га) у 1995 році [17]. За даними уряду, кількість використаних гербіцидів на гектар орних земель зменшилася з 0,7 кг у 1997 році до 0,4 кг у 2000 році [22].

Після створення законодавчої бази для земельних відносин в Україні та членства України у Світовій організації торгівлі у 2008 році розпочався новий третій етап розвитку сільськогосподарського виробництва [120], коли країна отримала доступ до світового ринку агрохімікатів. За даними державної статистики України, до 2018–2019 років середня кількість гербіцидів на основі активної речовини на гектар вже зросла до 1,3–1,4 кг. Загальна кількість гербіцидів, використаних в Україні, становила 24 000 т у 2017 році, 25 000 т у 2018 році, 24 000 т у 2019 році та 23 000 т у 2020 році [219-221].

Проведення та аналіз досліджень біорізноманіття агроєкосистем на рівні ландшафту, а не на рівні окремих сільськогосподарських полів [57]. З'являються все більші докази масштабного зменшення кількості бур'янів на орних землях у Європі [46]. За даними державної статистики України, наразі майже 13,9

мільйона га сільськогосподарських земель в Україні піддаються гербіцидній обробці.

Види бур'янів є основним компонентом біорізноманіття рослин у природних фітоценозах [50, 57, 104, 151]. У агроценозах відбувається важлива взаємодія між культурними видами та бур'янами, що відіграє ключову роль у визначенні ступеня втрат врожаю та загальної якості врожаю. До певного періоду часу широко вважалося, що бур'яни, знайдені в культурних культурах, вижили завдяки унікальним методам і мали більший опір порівняно з самими культурними рослинами [107]. Однак ця гіпотеза згодом вважається неправильною, оскільки бур'яни відіграють мінімальну роль у керованих фітоценозах [21, 247].

Протягом останнього століття розвиток сільського господарства пройшов кілька трансформаційних фаз, спрямованих на реструктуризацію методів землекористування [104, 184]. Хоча уряд вперше визнав стратегічну важливість кукурудзи в сівозмінах на початку 1930-х років, масштабне розширення вирощування кукурудзи розпочалося лише наприкінці 1950-х років [21, 218]. Це розширення збіглося з дебатами між концепцією трав'янистих полів, зосередженою на підтримці родючості ґрунту за допомогою багаторічних трав, та мінеральною концепцією, яка наголошувала на мінеральних добривах. Більше того, у роботі *Федонюк та ін. (2024)* зазначають, що між 1980 і 1984 роками збільшення вирощування просапних культур, таких як кукурудза, та використання гербіцидів, таких як атразин та ерадікан, в мінеральних масляних емульсіях, спричинили значні зміни у видах бур'янів, що зустрічаються на орних землях [120]. *Kunz та інші (2015)* стверджують, що з бур'янами можна ефективно боротися без хімічних пестицидів, якщо використовувати успішне поєднання механічних, агротехнічних та біотехнічних методів [146].

Однак, надмірний обробіток ґрунту може сприяти поширенню багаторічних бур'янів шляхом вегетативного розмноження [154, 155]. Деякі науковці зазначають, що мінімальні методи обробітку ґрунту, включаючи системи без перевертання скиби, мінімізують порушення ґрунту, але можуть

призвести до накопичення насіння бур'янів у верхніх шарах ґрунту [181, 210]. Тим не менш, поєднання методів безорної обробки з мульчуванням та використанням покривних культур виявилось ефективним у придушенні появи та росту бур'янів [189]. Крім того, у деяких працях зазначається, що густина посіву культур може значно зменшити негативний вплив бур'янів [207]. Густо посіяна кукурудза утворює щільний покрив, який обмежує проникнення світла на поверхню ґрунту, тим самим перешкоджаючи проростанню бур'янів та зменшуючи конкуренцію за ресурси на ранніх стадіях росту культури. Оптимальна густина посіву кукурудзи може відігравати вирішальну роль у зменшенні щільності бур'янів, тим самим зменшуючи їхній негативний вплив на врожайність сільськогосподарських культур [172]. Однак вони також попереджають, що посів занадто великої кількості рослин кукурудзи може призвести до конкуренції між ними, що вказує на важливість дотримання рекомендованих норм посіву для ефективної боротьби з бур'янами без шкоди для росту культур.

Таким чином, головною метою дослідження було оцінити, наскільки добре працюють різні екологічно чисті методи боротьби з бур'янами у вирощуванні кукурудзи шляхом поєднання різних систем обробки ґрунту, густоти посіву та припинення використання хімічних гербіцидів, а також розглянути їхній вплив на ріст рослин, продуктивність та загальний стан сільськогосподарських полів.

1.2. Кукурудза як ключовий компонент агроecosистем: екологічні функції посіву та чинники, що визначають взаємодію «культура–середовище–бур’яни»

Кукурудза (*Zea mays L.*) у сучасних агроecosистемах є не лише високопродуктивною польовою культурою, а й «структурутворювачем» агроландшафтів, який визначає енергетичні потоки, мікроклімат посіву, режим використання води й поживних елементів, а також напрям формування угруповань сегетальної рослинності. У глобальному вимірі кукурудза належить до провідних зернових культур за обсягами виробництва та площами, а її зростаюча роль пов’язана з багатофункціональністю використання (корм, харчові продукти, промислова переробка, біоенергетика) [96]. Для України кукурудза є системоутворювальною культурою експортоорієнтованого землеробства; у контексті кліматичних ризиків і технологічної модернізації її розглядають як один із «якорів» підвищення продуктивності агросектору за одночасної потреби екологізації технологій [44].

Кукурудза є C4–рослиною з високим потенціалом фотосинтезу та формування значної біомаси, що зумовлює інтенсивне споживання ресурсів (вода, азот, калій) і виражену конкурентну взаємодію з іншими рослинами у посіві [7, 29, 85]. Водночас на ранніх етапах органогенезу (до змикання рядків) посіви кукурудзи залишаються «відкритими» для інвазії та швидкого росту бур’янів, а тому саме структура й швидкість формування листкового апарату культури стають ключовими факторами конкурентного пригнічення сегеталів [11, 86].

Важливим узагальнюючим показником, що пов’язує архітектоніку посіву, світлопроникність до ґрунтової поверхні та потенціал пригнічення бур’янів, є індекс листкової поверхні (ІЛП) [97]. ІЛП визначають як сумарну одnobічну площу листків на одиницю площі ґрунту; він безпосередньо відображає структуру рослинного покриву, перехоплення світла та фотосинтетичну продуктивність, впливаючи також на транспірацію і нагромадження біомаси [70, 97, 157]. Для системи «кукурудза–бур’яни» це означає, що швидше наростання

ЛПП й більш повне затінення міжрядь знижують доступність фотосинтетично активної радіації для бур'янів та обмежують їхній ріст, насамперед у світлолюбних однорічних видів [8].

Емпіричні польові дані показують, що агроценотичні рішення, які підвищують сумарний ЛПП/грунтове покриття та змінюють світловий режим на поверхні ґрунту, можуть суттєво зменшувати забур'яненість. Зокрема, у дослідженні смугового сумісного вирощування кукурудзи та сої підвищений сумарний ЛПП забезпечував краще покриття ґрунту й супроводжувався зниженням пригніченням бур'янів (зменшення росту бур'янів/їхньої присутності порівняно з монокультурами) [66, 71]. Хоча конкретна технологія інтеркропінгу не завжди застосовна в умовах традиційного виробництва кукурудзи в Україні, механізм «затінення + конкуренція за ресурси» є універсальним і має пряме значення для обґрунтування:

- оптимізації густоти стояння,
- вибору гібридів із архітектурою листків, що швидше змикає міжряддя,
- просторових схем сівби, які підсилюють конкурентоздатність культури.

1.2.1. Керовані технологічні чинники агроєкосистеми кукурудзи, що визначають тиск бур'янів

Взаємодія кукурудзи з бур'янами в агроєкосистемі формується комбінацією керованих факторів: сівозміна, обробіток ґрунту, удобрення, способи розміщення рослин у просторі, наявність управління рослинними рештками та покривними культурами [7, 62, 72-75]. Саме ці чинники змінюють «екологічні ніші» у посіві: доступності світла і ґрунтової вологи, що визначає умови проростання насіння бур'янів і динаміку їх банку насіння [89, 127, 147-148].

У системах із мінімальним або нульовим обробітком змінюється вертикальний розподіл насіння бур'янів (більше насіння залишається у

верхньому шарі), мікроклімат поверхні ґрунту та режими вологи [63, 65]. Паралельно зростає значення мульчі та решток як фізичного бар'єра для сходів бур'янів і як чинника регуляції температури випаровування [102]. З погляду агроекології кукурудзи це подвійний ефект: по-перше, потенційне зменшення «хвилі» сходів деяких видів бур'янів через затінення або бар'єр, по-друге – можливе зростання ролі інших груп (наприклад, видів, здатних проростати крізь шар решток або з насінням із глибших шарів ґрунту за певних технологій) [105, 203].

Поряд із впливом на бур'яни, ґрунтозахисні технології оцінюють як інструмент стабілізації продуктивності та ґрунтових функцій в умовах кліматичних змін [128, 192]. Деякі дослідження показують, що no-till у поєднанні з мульчуванням покривними культурами здатні підвищувати врожайність і поліпшувати вологозабезпечення (через зменшення втрат вологи та стабілізацію водного режиму ґрунту) [64, 178]. Для континентальних умов України це важливо тим, що водний режим – один із головних «медіаторів» конкурентної взаємодії кукурудзи з бур'янами: за дефіциту вологи культура сильніше втрачає конкурентоспроможність у критичні фази, а бур'яни можуть перехоплювати ресурс раніше [9, 153].

На рівні узагальнення глобальних даних відомо, що no-till може збільшувати запаси ґрунтового органічного вуглецю, але ефект на врожайність залежить від поєднання практик (рештки, сівозміна) та ґрунтово-кліматичних умов. Метааналіз на великому масиві спостережень показав: у середньому no-till збільшує запаси вуглецю, але може супроводжуватися невеликим зниженням урожайності; натомість поєднання no-till із поверненням решток і сівозміною зменшує ризик втрати врожайності та підсилює цей ефект [90]. У контексті дисертаційної тематики це викликає особливий інтерес, оскільки дозволяє припустити, що технологічні «стратегії» можуть одночасно змінювати продуктивність кукурудзи й траєкторії трансформації сегетальної флори.

1.2.2. Кліматичні виклики континентальної зони та адаптація технологій вирощування кукурудзи як чинник зміни бур'янових угруповань

Кліматичні зміни (частіші посухи/хвилі спеки, коливання опадів) прямо впливають на кукурудзу через фізіологічні обмеження фотосинтезу, запилення й наливу зерна, а також опосередковано – через зміни у фенологічних «вікнах» бур'янів, появу нових видів і перерозподіл конкурентних переваг [129, 131]. Оглядові роботи підкреслюють, що поєднання посухи та високих температур знижує фотосинтетичну ефективність, продихову провідність, листову поверхню, вологопоглинання і зрештою урожайність кукурудзи; критичною є одночасність стресів у польових умовах [157].

Сучасні огляди також акцентують, що для підтримання продуктивності потрібна комбінація генетичних (стресостійкі гібриди) та агрономічних рішень, оскільки посуха й спека часто діють синергічно, а «вузькі місця» зосереджені у фазах цвітіння, запліднення та досягання [32, 76, 195]. Це має безпосередній зв'язок із бур'янами: у роки стресу культура повільніше формує ролсинниця покрив, а відповідно індекс листової поверхні посівів (ІЛП) та довше зберігає «світлові вікна» у міжряддях, а бур'яни можуть отримувати більший конкурентний шанс на старті сезону.

На рівні національного аграрного контексту України важливо, що підвищення ефективності вирощування кукурудзи дедалі частіше розглядають через призму поєднання високопродуктивних гібридів із науково обґрунтованими технологіями, які включають елементи біологізації, ґрунтозахисного обробітку, управління рештками та адаптаційні заходи для мінімізації негативного впливу кліматичних факторів [213].

Отже, посіви кукурудзи формують специфічну агроекологічну нішу для сегетальної флори, де ключовими «вхідними параметрами» є: темп формування листової поверхні культури [216], технології, що змінюють мікроклімат ґрунтової поверхні та водний режим [91], інтегровані системи обробітку ґрунту/решток/сівозміни, які впливають на ґрунтові властивості та водночас на

бур'яни через зміну режиму вирощування та «банку насіння» [90, 141, 240-245], кліматичні стреси, що змінюють конкурентний баланс «культура–бур'яни» і потребують адаптації гібридів та технологій вирощування [157, 195].

У сукупності ці положення обґрунтовують, чому аналіз різноманіття бур'янів кукурудзи в континентальній зоні України доцільно проводити не лише як опис флористичного складу, а як наслідок взаємодії ґрунтово-кліматичних умов і технологічних «пакетів» вирощування, які задають фільтри відбору для сегетальної рослинності.

1.3 Бур'яни як екологічний фактор агроценозів кукурудзи

Бур'яни є невід'ємним компонентом агроєкосистем і виконують роль активного екологічного фактора, який визначає структуру, функціонування та стабільність агроценозів кукурудзи. У сучасній агроєкології бур'яни розглядають не лише як об'єкт контролю, а як елемент біорізноманіття, що реагує на технологічні, кліматичні та ґрунтові чинники, формуючи складні взаємодії з культурними рослинами [208, 213, 232]. Для посівів кукурудзи, які характеризуються широкими міжряддями та повільним початковим ростом, бур'яни мають особливо важливе значення як регулятор конкурентних процесів у ранні фази органогенезу [202].

У межах агроценозу бур'яни виконують подвійну функцію. З одного боку, вони конкурують із культурою за ресурси, знижуючи продуктивність, з іншого – формують важливий компонент агробіорізноманіття, забезпечуючи трофічні зв'язки, середовище для ентомофауни та мікробіоти, а також стабілізуючи ґрунтові процеси [43, 185]. Саме тому сучасні екологічні підходи відходять від концепції повного знищення бур'янів, переходячи до ідеї їх регульованої присутності в агроєкосистемах.

У посівах кукурудзи бур'яни впливають на вертикальну та горизонтальну структуру фітоценозу. Домінування окремих видів або екологічних груп (однорічні ярові, багаторічні коренепаросткові) визначає характер конкуренції,

інтенсивність використання ресурсів та просторову мозаїчність угруповання [139, 163]. Встановлено, що агроценози з помірною, але різноманітною бур'яною флорою демонструють вищу екологічну стабільність порівняно з системами, де домінують 1–2 резистентні види бур'янів [207, 208].

Конкуренція між кукурудзою та бур'янами реалізується через боротьбу за світло, воду та елементи живлення, причому її інтенсивність значною мірою залежить від часу появи бур'янів відносно сходів культури [186]. Найбільш критичним для кукурудзи вважають період від сходів до фази 6–8 листків, коли формуються основні елементи продуктивності та листковий апарат [239]. У цей час бур'яни можуть перехоплювати до 40–60% доступної фотосинтетично активної радіації та значну частину ґрунтової вологи, що призводить до пригнічення росту культури [154].

Експериментальні дослідження підтверджують, що щільність і видовий склад бур'янів мають вирішальне значення для масштабу втрат урожаю. Так, багаторічні коренепаросткові види (*Cirsium arvense* (L.) Scop., *Elymus repens* (L.) Gould.) завдають стабільно більшої шкоди, ніж однорічні сеgetали, через ранній старт росту та глибоку кореневу систему [249, 250]. Водночас однорічні ярі бур'яни (*Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli*) демонструють високу пластичність і здатність швидко реагувати на зміни агротехніки, що робить їх екологічно небезпечними у високопродуктивних посівах кукурудзи [50, 117].

Видовий склад і структура бур'янових угруповань відображають рівень антропогенного навантаження та напрям трансформації агроecosистеми. Наявність вузького набору домінантів, зокрема резистентних до гербіцидів видів, свідчить про високий рівень технологічного тиску та спрощення екологічної структури агроценозу [232]. Натомість різноманітні бур'янові комплекси з низькою щільністю часто асоціюються з більш збалансованими системами землеробства та помірним рівнем втручання.

Дослідження, проведені в різних регіонах Європи, показали, що зміни у бур'яновій флорі можуть використовуватися як індикатор переходу від

інтенсивних до агроекологічних систем землеробства [233]. Для посівів кукурудзи це особливо актуально, оскільки культура швидко реагує на зміни системи обробітку ґрунту, густоти посіву та гербіцидного фону, що відображається у перебудові бур'янових угруповань уже протягом 2–3 вегетаційних сезонів.

Окрім прямого впливу на врожайність, бур'яни виконують низку екосистемних функцій. Вони сприяють підтриманню ґрунтової біоти, слугують джерелом органічної речовини та беруть участь у кругообігу поживних елементів [196]. Деякі види бур'янів відіграють важливу роль у підтриманні ентомофауни, зокрема запилювачів і природних ворогів шкідників, що опосередковано може знижувати потребу в інсектицидах [207].

Разом із тим надмірна забур'яненість або домінування окремих агресивних видів призводить до порушення балансу екосистемних послуг, зменшення ефективності використання ресурсів культурою та деградації продуктивності агроценозу [180]. Саме тому ключовим завданням агроекології є не повне усунення бур'янів, а їх екологічно обґрунтована регуляція, що дозволяє мінімізувати негативний вплив на врожайність і водночас зберегти функціональне біорізноманіття.

Таким чином, бур'яни в агроценозах кукурудзи виступають складним екологічним фактором, що поєднує конкурентні, індикаторні та функціональні ролі. Їх вплив визначається не лише чисельністю, а й видовим складом, екологічною стратегією та взаємодією з технологічними чинниками вирощування культури. Розуміння бур'янів як елемента агроекосистеми створює наукове підґрунтя для розроблення агроекологічних стратегій управління забур'яненістю в посівах кукурудзи, орієнтованих на довгострокову екологічну стійкість і продуктивність.

1.4. Системи обробітку ґрунту як чинник формування бур'янових угруповань

Система обробітку ґрунту є одним із ключових антропогенних факторів, що визначає напрям формування, просторову структуру та динаміку бур'янових угруповань у агроценозах кукурудзи. Саме через обробіток ґрунту реалізується основний механізм «керованого порушення», який безпосередньо впливає на банк насіння бур'янів, умови їх проростання, конкурентні відносини та довгострокову стабільність агрофітоценозу [107, 156, 196, 235, 244]. У цьому контексті системи обробітку ґрунту виступають не лише агротехнічним прийомом, а й потужним екологічним фільтром, що відбирає види бур'янів за їх життєвими стратегіями, екологічною пластичністю та адаптаційним потенціалом [95, 155].

Обробіток ґрунту змінює фізичні, хімічні та біологічні умови верхнього шару ґрунту, у якому зосереджена основна маса насіння бур'янів. Глибина, інтенсивність і частота механічного впливу визначають вертикальний розподіл насіння в ґрунтовому профілі, ступінь його перемішування та доступність для проростання [94]. За традиційної оранки насіння бур'янів рівномірно розподіляється в орному шарі, що може призводити до зменшення одночасних масових сходів, але водночас забезпечує довготривале збереження насіння життєздатних видів у ґрунті [20, 79].

Натомість за мінімального або нульового обробітку більша частка насіння залишається у верхніх 0–5 см ґрунту, де воно піддається інтенсивнішому впливу температурних коливань, вологи, світла та біотичних факторів [68, 69, 216]. Це створює умови для швидшого проростання світлолюбних і термофільних бур'янів, але водночас підвищує втрати насіння через поїдання ґрунтовою фауною та мікробну деструкцію [244]. Таким чином, вибір системи обробітку ґрунту визначає не лише рівень забур'яненості, а й видову структуру бур'янових угруповань.

Історичний аналіз, свідчить, що домінування традиційної системи обробітку ґрунту (глибока оранка з оборотом пласта) у другій половині ХХ

століття було тісно пов'язане з формуванням відносно стабільних бур'янових комплексів у посівах кукурудзи, представлених як однорічними, так і багаторічними видами [79, 125, 156]. Така система створювала регулярні порушення ґрунтового середовища, сприятливі для бур'янів–експлерентів (r–стратегів), але водночас стримувала надмірне накопичення насіння на поверхні ґрунту [162].

Дослідження показують, що за умов інтенсивного механічного обробітку бур'янова флора характеризується більшою часткою однорічних ярих видів, тоді як багаторічні коренепаросткові бур'яни частково пригнічуються через механічне пошкодження кореневищ [21, 45, 94, 108, 239]. Саме така структура бур'янових угруповань була типовою для агроценозів кукурудзи в Україні в період домінування класичних технологій вирощування [179].

Починаючи з кінця ХХ – початку ХХІ століття, під впливом економічних, енергетичних і екологічних чинників відбувається поступовий перехід до ресурсозберігаючих систем землеробства, зокрема мінімального та нульового обробітку ґрунту [178, 212, 223]. Ці технологічні зміни супроводжуються суттєвою перебудовою бур'янових угруповань, що добре узгоджується з наведеними вище історичними тенденціями.

За даними багаторічних спостережень, зменшення інтенсивності обробітку ґрунту часто призводить до зростання ролі однорічних злакових бур'янів (наприклад, *Echinochloa crus-galli* (L.) P.Beauv.) та видів із дрібним насінням, адаптованих до поверхневого проростання [244]. Водночас зростає ймовірність накопичення резистентних до гербіцидів видів, оскільки механічний компонент контролю бур'янів значною мірою усувається [83, 117].

Метааналізи свідчать, що no-till у поєднанні з поверненням рослинних решток змінює не лише чисельність бур'янів, а й функціональну структуру угруповань, сприяючи домінуванню видів із високою екологічною пластичністю та здатністю швидко реагувати на зміни середовища [90]. Для посівів кукурудзи це означає, що мінімізація обробітку ґрунту без належної адаптації інших

елементів технології може призводити до ускладнення системи контролю бур'янів.

З позицій агроекології система обробітку ґрунту розглядається як інструмент балансування між продуктивністю, збереженням ґрунтових ресурсів і регуляцією бур'янів. Ресурсозберігаючі системи (мінімальний і нульовий обробіток) здатні покращувати водний режим ґрунту, зменшувати ерозійні процеси та сприяти накопиченню органічного вуглецю, що особливо важливо в умовах кліматичної мінливості континентальної зони [90, 91, 92, 157].

Водночас ці системи змінюють екологічні ніші бур'янів і вимагають інтегрованого підходу до їх регуляції. Саме поєднання обробітку ґрунту з іншими агроекологічними факторами (густота посіву, сівозміна, управління рослинними рештками) визначає кінцевий результат для бур'янових угруповань і продуктивності кукурудзи [9, 107, 137, 138, 196, 233]. Таким чином, обробіток ґрунту не можна розглядати ізольовано – він є частиною складної системи взаємодій у агроecosystemі.

Отже, історичні зміни в технологіях землеробства – від інтенсивного механічного обробітку до мінімальних і ґрунтозахисних систем – безпосередньо зумовили трансформацію бур'янових угруповань у посівах кукурудзи, що підтверджує результати історичного аналізу. Система обробітку ґрунту виступає базовим екологічним фактором, який формує умови для проростання, виживання та домінування різних груп бур'янів.

У зв'язку з цим обробіток ґрунту є логічно обґрунтованим фактором, що ліг в основу цього дослідження, оскільки саме через нього реалізується первинний вплив технології на бур'янове різноманіття, структуру агроценозу та подальшу ефективність інших елементів системи вирощування кукурудзи.

1.5. Густота посіву кукурудзи як біологічний механізм регуляції бур'янів

Логіка цього підрозділу безпосередньо впливає з ідеї конкуренції, розкритої у розділі 1.3: бур'яни та культура взаємодіють у межах спільного простору ресурсів, а результат конкуренції визначається тим, хто раніше, швидше й ефективніше «закриє» екологічну нішу (світло, волога, елементи живлення, простір) [165]. Одним із найсильніших способів керування цією взаємодією без прямого знищення бур'янів є густота посіву, яка виступає не лише агрономічним параметром урожайності, а екологічним інструментом зміни середовища всередині агроценозу [5, 87, 211].

З екологічної точки зору густота визначає інтенсивність внутрішньовидової конкуренції культури (між рослинами кукурудзи) і водночас силу міжвидової конкуренції (кукурудза ↔ бур'яни) [88, 124]. Зміна густоти змінює не тільки продукційні показники, а й ключові параметри агроecosистеми: листову поверхню, перехоплення фотосинтетично активної радіації (ФАР), мікроклімат у посіві та «швидкість закриття» міжрядь культури [93, 132]. У польових дослідках показано, що зі зростанням густоти зростають індекси листової поверхні та перехоплення світла, змінюються світловий профіль і параметри використання радіації в посівах кукурудзи [86, 130]. Це означає, що густота запускає каскад екологічних змін, які здатні зменшувати «вікно можливостей» для бур'янів навіть без додаткових механічних втручань.

Окремо важливо, що сучасні гібриди кукурудзи демонструють більшу толерантність до загушення та конкуренції, що робить густоту керованим інструментом оптимізації структури посіву [113, 158]. У практичному сенсі це розширює діапазон густот, у межах яких можна підсилювати конкурентоздатність культури проти бур'янів без критичного падіння врожаю.

Загалом існує кілька механізмів «біологічного пригнічення» бур'янів через загушення посівів. Ключовим механізмом є світлова конкуренція та раннє затінення [197]. У більшості агроценозів кукурудзи світло є ресурсом, за який бур'яни конкурують особливо ефективно на ранніх етапах. Загушення посіву

прискорює формування фітомаси, змінює розподіл ФАР у вертикальному профілі та зменшує частку світла, доступного бур'янам у нижніх ярусах. Показано, що густина суттєво впливає на ІЛП та проникнення світла крізь щільний рослинний покрив, а отже – на умови росту рослин у нижній частині посіву [86]. У термінах екології це означає: кукурудза створює «фільтр середовища», де виживають переважно ті бур'яни, які здатні переносити затінення або мають короткий життєвий цикл до змикання міжрядь кукурудзи [201].

Важливе значення має просторова конфігурація та «геометрія ресурсу». Ефект густоти посилюється, якщо рослини розміщені більш рівномірно (менші «вікна» незайнятого простору). При цьому впливає не лише кількість рослин на площу, а й «квадратність/збалансованість» простору на рослину визначає загальну конкурентну ефективність посіву [170]. Важливо, що автори прямо зазначають потенціал вузькоряддя як чинника, який може сприяти кращому пригніченню бур'янів [170], тобто густина і просторове розміщення діють як єдиний екологічний блок [166, 237].

Окремо слід відзначити конкуренцію за воду та елементи живлення. Зі збільшенням густоти культура інтенсивніше перехоплює ґрунтову вологу й азот у критичні фази, що може зменшувати ресурсну «підтримку» бур'янів [135]. Водночас цей механізм має двоспрямований характер: надмірне загущення посилює внутрішньовидову конкуренцію кукурудзи й може знижувати ефективність використання ресурсів. Наприклад, збільшення густоти підвищує ІЛП та ФАР, але занадто висока густина погіршує стабільність урожайності та окремі показники фотосинтетичної продуктивності [172, 195]. Це важливе екологічне обмеження: густина як інструмент контролю бур'янів має оптимум, який залежить від середовища.

Густина посіву працює як регулятор не тільки сили конкуренції, а й її таймінгу: чим швидше кукурудза входить у фазу активного затінення, тим менше шансів у бур'янів сформувати біомасу та насіннєве поповнення. У прикладному експерименті, де оцінювали час видалення бур'янів разом із різними схемами

сівби, показано, що затримка контролю бур'янів істотно знижує врожай, а схема розміщення рослин впливає на межі критичного часу втручання [134]. Це добре ілюструє екологічний принцип: посівна структура (включно з густотою) може «зсувати» період найбільшої чутливості системи до бур'янів, тобто бути частиною превентивного, а не реактивного менеджменту [199].

Як екологічний інструмент густота має межі ефективності через компроміс між пригніченням бур'янів (через затінення та ресурсне перехоплення) і ризиком падіння продуктивності культури через самоконкуренцію.

Польові дані підтверджують, що загушення може підвищувати перехоплення сонячної радіації та формувати більш продуктивний фітоценоз, але оптимальний рівень густоти залежить від водозабезпечення, температурного режиму та технологічного контексту [113, 136, 216]. Аналогічно, поєднання більшої густоти зі зниженими дозами азоту може підтримувати високу продуктивність і ресурсну ефективність, але працює в межах конкретних екологічних [67, 81, 114, 210]. У підсумку густота є інструментом екологічного «налаштування» агроценозу, а не універсальною константою.

З огляду на все вищезазначене, саме густота обґрунтовано розглядається у даному дослідженні як фактор експерименту, оскільки дозволяє перевірити, як зміна внутрішньої організації популяції кукурудзи (як домінантного виду агроценозу) змінює видовий склад, чисельність і екологічну структуру бур'янових угруповань, а також продуктивність системи загалом.

1.6 Хімічний контроль бур'янів та його екологічні обмеження

Хімічний контроль бур'янів протягом останніх десятиліть був домінуючим елементом технологій вирощування кукурудзи і суттєво вплинув на формування сучасної структури бур'янових угруповань у континентальній зоні України. Вище наведений історичний нарис показує, що з кінця ХХ століття інтенсифікація застосування гербіцидів стала ключовим драйвером трансформації сегетальної флори: зменшення загальної видової різноманітності супроводжувалося зростанням ролі обмеженої кількості екологічно пластичних і толерантних видів. У цьому контексті хімічний контроль слід розглядати не лише як агротехнічний прийом, а як потужний екологічний фактор довготривалої дії, що змінює траєкторії розвитку агроecosystem.

У 1970–1990-х роках розвиток селективних гербіцидів дозволив значно знизити короткострокові втрати врожаю від бур'янів і сприяв розширенню площ під кукурудзою. Надалі, особливо з початку 2000-х років, хімічний контроль став базовим елементом технологій, часто витісняючи механічні та біологічні методи. За даними оглядових досліджень, у системах інтенсивного землеробства саме гербіциди забезпечували до 70–90% ефекту контролю бур'янів у кукурудзі [40, 85].

Проте історичні дані також свідчать, що зростання частоти та одноманітності застосування гербіцидів призвело до спрощення бур'янових угруповань. У багатьох регіонах Європи та Північної Америки спостерігалось зменшення кількості рідкісних і малоконкурентних видів та одночасне поширення небагатьох домінантів, здатних витримувати хімічний тиск [47, 171]. Аналогічні тенденції простежуються й для континентальної зони України, де тривале застосування препаратів з однаковими механізмами дії сприяло стабілізації фітоценозів із низькою видовою різноманітністю.

Одним із найсерйозніших екологічних обмежень хімічного контролю є формування резистентності бур'янів до гербіцидів. З еволюційної точки зору гербіциди виступають сильним селективним фактором, який швидко відбирає стійкі біотики в популяціях бур'янів. Станом на останні роки у світі зафіксовано

понад 260 видів бур'янів із резистентністю щонайменше до однієї групи гербіцидів, значна частина з яких поширена в посівах кукурудзи [140, 115, 116].

Особливо небезпечним є поширення мультистійких популяцій, які демонструють резистентність до кількох класів гербіцидів [118, 144]. Дослідження показують, що такі популяції швидко займають екологічні ніші, звільнені менш стійкими видами, і формують нові стабільні бур'янові комплекси, контроль яких потребує значного підвищення хімічного навантаження або комбінування методів [161]. У контексті історичних змін бур'янової флори це пояснює, чому сучасні угруповання характеризуються домінуванням невеликої кількості висококонкурентних і резистентних видів.

Окрім селекційного тиску на бур'яни, хімічний контроль чинить опосередкований, але тривалий вплив на ґрунтові екосистеми. Численні дослідження показують, що регулярне застосування гербіцидів може змінювати структуру та функціональну активність ґрунтових мікробних угруповань, впливати на ферментативну активність ґрунту та процеси мінералізації органічної речовини [128]. Хоча окремі діючі речовини швидко деградують, їх кумулятивний ефект за багаторічного застосування може призводити до зниження біологічної стійкості ґрунтів.

Для агроценозів кукурудзи, де гербіциди часто застосовують у поєднанні з мінімальним обробітком ґрунту, ці ефекти можуть посилюватися. Порушення мікробіологічної рівноваги здатне змінювати доступність поживних елементів і, опосередковано, конкурентні відносини між культурою та бур'янами, що ще раз підкреслює системний характер впливу хімічного контролю [41].

У довгостроковій перспективі надмірна залежність від гербіцидів може сприяти деградації агроекосистем через поєднання кількох процесів: спрощення біорізноманіття, накопичення резистентних бур'янів, зниження функціональної активності ґрунту та зростання екологічних ризиків [167]. Оглядові роботи вказують, що системи землеробства з високим хімічним навантаженням демонструють меншу екологічну стабільність і більшу вразливість до зовнішніх стресів [47, 58, 112, 133].

В умовах кліматичної мінливості ці обмеження стають ще більш критичними, оскільки стресові умови можуть знижувати ефективність гербіцидів і водночас посилювати конкурентні переваги окремих бур'янів [59, 169]. Таким чином, хімічний контроль втрачає статус універсального рішення і потребує інтеграції з біологічними та агроекологічними підходами.

Отже, історична еволюція хімічного контролю бур'янів у посівах кукурудзи продемонструвала його високу короткострокову ефективність, але водночас виявила суттєві екологічні обмеження: формування резистентності, спрощення бур'янових угруповань, негативний вплив на ґрунтові екосистеми та зниження довгострокової стійкості агроценозів.

У зв'язку з цим рівень і характер хімічного контролю є обґрунтованим фактором, експерименту, що дозволяє оцінити, якою мірою поєднання гербіцидного навантаження з агроекологічними інструментами (обробіток ґрунту, густина посіву) може забезпечити ефективну регуляцію бур'янів за зниження екологічних ризиків.

1.7 Агроекологічні стратегії управління бур'янами в посівах кукурудзи

Результати історичного аналізу (підрозділ 1.1) та розгляд окремих екологічних факторів регуляції бур'янів – конкуренції (підрозділ 1.3), систем обробітку ґрунту (підрозділ 1.4), густоти посіву (підрозділ 1.5) і хімічного контролю (підрозділ 1.6) – свідчать, що жоден із чинників не може забезпечити довгостроково стабільний контроль бур'янів у монорежимі. Це зумовлює перехід від вузькоорієнтованих технологічних рішень до агроекологічних стратегій, що базуються на поєднанні біологічних, технологічних та екологічних механізмів регуляції бур'янових угруповань.

У сучасній науковій парадигмі агроекологічні стратегії управління бур'янами розглядають як систему дій, спрямовану не на повне знищення сегетальної флори, а на керування її чисельністю, видовою структурою та

функціональною роллю з метою збереження продуктивності культури й екологічної стійкості агроecosистеми [28, 35, 42, 43, 121].

Агроecологічний підхід до управління бур'янами ґрунтується на кількох ключових принципах: зменшення антропогенного тиску як основного селективного чинника; підвищення конкурентоспроможності культури; збільшення різноманіття агроecosистеми в просторі та часі; використання екологічних процесів як інструментів регуляції [36, 209].

На відміну від хімічно орієнтованих систем, де бур'яни виступають лише «шкідливим компонентом», агроecологічні стратегії трактують бур'янові угруповання як динамічний елемент агроecosистеми, чутливий до змін умов середовища та технологій [207]. Саме через зміну екологічних ніш, доступності ресурсів і режимів порушення можна досягти стабільного зниження шкодочинності бур'янів без постійного зростання хімічного навантаження [38, 40, 204].

У контексті цієї дисертації агроecологічна стратегія управління бур'янами базується на інтеграції трьох ключових факторів: F1 система обробітку ґрунту, яка визначає режими порушення, вертикальний розподіл насіння бур'янів і мікроклімат ґрунтової поверхні; F2 густина посіву кукурудзи, що регулює інтенсивність біологічної конкуренції та формування щільного ролсинного покриву; F3 рівень хімічного контролю, який задає селективний тиск на бур'янові популяції.

Дослідження показують, що саме комбінація цих факторів дозволяє змінювати траєкторії розвитку бур'янових угруповань у напрямі меншої домінантності агресивних і резистентних видів [138, 226, 227, 232, 239]. Наприклад, зменшення інтенсивності обробітку ґрунту без корекції густоти посіву та гербіцидного фону часто призводить до зростання проблемних бур'янів, тоді як інтегрований підхід може компенсувати окремі ризики кожного чинника.

Таким чином, агроecологічна стратегія не передбачає «відмову» від окремих інструментів, а їх функціональну перебудову в єдину систему регуляції.

Однією з ключових переваг агроекологічних стратегій є їх здатність знижувати темпи формування гербіцидної резистентності. Різноманіття механізмів впливу (механічних, біологічних, конкурентних) зменшує селективний тиск на бур'яни й ускладнює закріплення стійких біотипів [37, 161, 205].

Низка наукових праць показують, що системи, які поєднують агротехнічні та біологічні методи, демонструють повільнішу еволюцію резистентності порівняно з системами, орієнтованими переважно на гербіциди [40, 53-55, 122, 174]. Крім того, агроекологічні підходи асоціюються з покращенням ґрунтових функцій, зростанням біологічної активності та стабільності агроecosистем у довгостроковій перспективі [39].

На міжнародному рівні агроекологічні стратегії управління бур'янами узгоджуються з цілями Європейського зеленого курсу та стратегії «From Farm to Fork», які передбачають зменшення використання пестицидів, збереження біорізноманіття та підвищення екосистемної стійкості агроландшафтів [98, 206]. У цьому контексті кукурудза, як одна з ключових культур інтенсивного землеробства, є важливим об'єктом для апробації екологічно орієнтованих систем контролю бур'янів.

У сучасних агроекологічних дослідженнях значна увага приділяється використанню альтернативних джерел живлення рослин та залученню маргінальних земель до сільськогосподарського використання. Зокрема, застосування осаду стічних вод як органічного добрива може підвищувати фотосинтетичну активність і продуктивність сільськогосподарських культур, що відкриває перспективи для екологічно збалансованого використання ресурсів у агроecosистемах [142].

Для континентальної зони України впровадження агроекологічних стратегій є особливо актуальним з огляду на кліматичні ризики, деградацію ґрунтів і необхідність підвищення ефективності використання ресурсів [44, 251]. Поєднання технологічних і біологічних інструментів управління бур'янами

може стати основою переходу до більш стійких моделей землеробства без втрати продуктивності.

Отже, агроекологічні стратегії управління бур'янами в посівах кукурудзи формуються як системна відповідь на історично зумовлені проблеми інтенсивного землеробства: спрощення бур'янових угруповань, зростання резистентності та деградацію ґрунтових ресурсів. Інтеграція факторів F1–F3 дозволяє регулювати бур'яни через зміну екологічних умов їх існування, а не лише через пряме знищення.

Висновки до розділу 1.

Проведений огляд наукових джерел свідчить, що бур'яни в агроценозах кукурудзи є складним і динамічним екологічним компонентом, формування якого зумовлене взаємодією історичних, технологічних та природних чинників. Історичний аналіз розвитку бур'янових угруповань у континентальній зоні України показав, що трансформація систем землеробства від механізованих інтенсивних технологій до сучасних ресурсозберігаючих підходів, супроводжувалася істотними змінами видового складу, структури та домінування сегетальної флори. Зменшення загального видового різноманіття та зростання ролі окремих висококонкурентних і пластичних видів є характерною ознакою сучасних агроценозів кукурудзи.

Аналіз кукурудзи як компонента агроекосистеми (підрозділ 1.2) дозволив розглядати цю культуру не лише як об'єкт виробництва, а як активний елемент, що формує екологічні умови існування бур'янів через архітектоніку посіву, темпи формування листової маси, використання ресурсів і мікроклімат. Встановлено, що біологічні особливості кукурудзи зумовлюють високу чутливість агроценозу до початкової забур'яненості та водночас створюють потенціал для біологічного пригнічення бур'янів за рахунок оптимізації структури посіву.

Розгляд бур'янів як екологічного фактора агроценозів кукурудзи (підрозділ 1.3) засвідчив, що сегетальна флора виконує не лише конкурентну, а й індикаторну та функціональну роль. Видовий склад і домінантна структура бур'янових угруповань відображають рівень антропогенного навантаження, тип технологічних рішень і ступінь екологічної стабільності агроєкосистеми. Конкурентні взаємодії «культура–бур'яни» мають чітко виражену часову та ресурсну специфіку, що зумовлює необхідність регуляції бур'янів не лише за рівнем чисельності, а й за структурними характеристиками угруповань.

Аналіз систем обробітку ґрунту (підрозділ 1.4) показав, що вони є базовим екологічним фільтром формування бур'янових угруповань, визначаючи режими порушення ґрунтового середовища, вертикальний розподіл насіння бур'янів і мікроклімат ґрунтової поверхні. Перехід від традиційного обробітку до мінімальних і нульових систем, що зафіксований у сучасній аграрній практиці, супроводжується перебудовою сегетальної флори та потребує інтегрованих підходів до управління бур'янами. Це обґрунтовує доцільність включення системи обробітку ґрунту як одного з ключових факторів експериментальних досліджень.

У підрозділі 1.5 встановлено, що густина посіву кукурудзи є важливим біологічним механізмом регуляції бур'янів, який реалізується через зміну світлового режиму, просторової структури агроценозу та конкуренції за ресурси. Густина посіву виступає екологічним інструментом, що дозволяє керувати силою і часовими межами конкурентних взаємодій, водночас зберігаючи продуктивність культури в межах оптимальних значень. Цей чинник має виражений екологічний ефект і не може розглядатися виключно як агрономічний параметр.

Розгляд хімічного контролю бур'янів (підрозділ 1.6) виявив його високу короткострокову ефективність, але також окреслив суттєві екологічні обмеження, зокрема формування гербіцидної резистентності, спрощення бур'янових угруповань та негативний вплив на ґрунтові екосистеми. Історичні дані підтверджують, що тривала залежність від гербіцидів як основного

інструменту регуляції бур'янів призводить до зниження екологічної стійкості агроценозів і потребує перегляду ролі хімічного контролю в сучасних технологіях вирощування кукурудзи.

Синтез літературних даних у підрозділі 1.7 дозволив сформулювати концепцію агроекологічних стратегій управління бур'янами, які базуються на інтеграції технологічних і біологічних чинників та використанні екологічних процесів як основи регуляції. Такі стратегії орієнтовані не на повне усунення бур'янів, а на підтримання їх чисельності й структури на рівні, сумісному з продуктивністю культури та екологічною стабільністю агроекосистеми.

Таким чином, огляд літератури виявив наукову прогалину, що полягає у недостатній кількості досліджень, спрямованих на комплексну оцінку взаємодії систем обробітку ґрунту, густоти посіву кукурудзи та рівня хімічного контролю бур'янів у межах єдиного агроекологічного підходу для умов континентальної зони України. Незважаючи на наявність численних робіт, які розглядають окремі чинники регуляції бур'янів, їх поєднаний вплив на структуру бур'янових угруповань і продуктивність кукурудзи залишається недостатньо вивченим.

Виходячи з цього, подальші експериментальні дослідження у дисертаційній роботі спрямовані на оцінку інтегрованого впливу системи обробітку ґрунту F1, густоти посіву кукурудзи F2 та рівня хімічного контролю бур'янів F3 на формування бур'янових угруповань і функціонування агроценозів кукурудзи.

РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МЕТОДИКА ТА ДИЗАЙН ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Мета, завдання і об'єкти досліджень

Метою дослідження є науково обґрунтувати агроекологічні стратегії управління фітоценотичним компонентом агроценозів кукурудзи в умовах континентальної зони України шляхом інтеграції системи обробітку ґрунту, густоти посіву та рівня хімічного контролю бур'янів для регуляції структури й динаміки бур'янових угруповань, зниження хімічного навантаження та збереження екологічної стійкості й продуктивності агроecosystem.

Завданнями цього дослідження були наступні (рис. 2.1):

- 1) обґрунтувати актуальність розробки агроекологічних стратегій вирощування кукурудзи в умовах континентальної зони України з метою забезпечення продуктивності культури та підвищення екологічної стійкості агроecosystem.
- 2) встановити причини змін видового складу агроценозів на основі ретроспективного аналізу та оцінки сучасного стану землеробства;
- 3) проаналізувати вплив різних систем обробітку ґрунту, густоти посіву та рівня хімічного контролю на фізико-хімічні властивості ґрунту;
- 4) встановити закономірності фенологічного розвитку кукурудзи залежно від застосованих агроекологічних стратегій;
- 5) оцінити зміни видового складу та рівня забур'яненості посівів кукурудзи під впливом поєднання технологічних чинників;
- 6) дослідити взаємодію факторів системи обробітку ґрунту, густоти посіву та гербіцидного фону у формуванні бур'янових угруповань;
- 7) обґрунтувати можливості зниження хімічного навантаження без втрати продуктивності культури;

Об'єкт дослідження – агроecosystemи кукурудзи континентальної зони України та процеси формування й функціонування їх фітоценотичного компоненту в умовах антропогенного впливу.

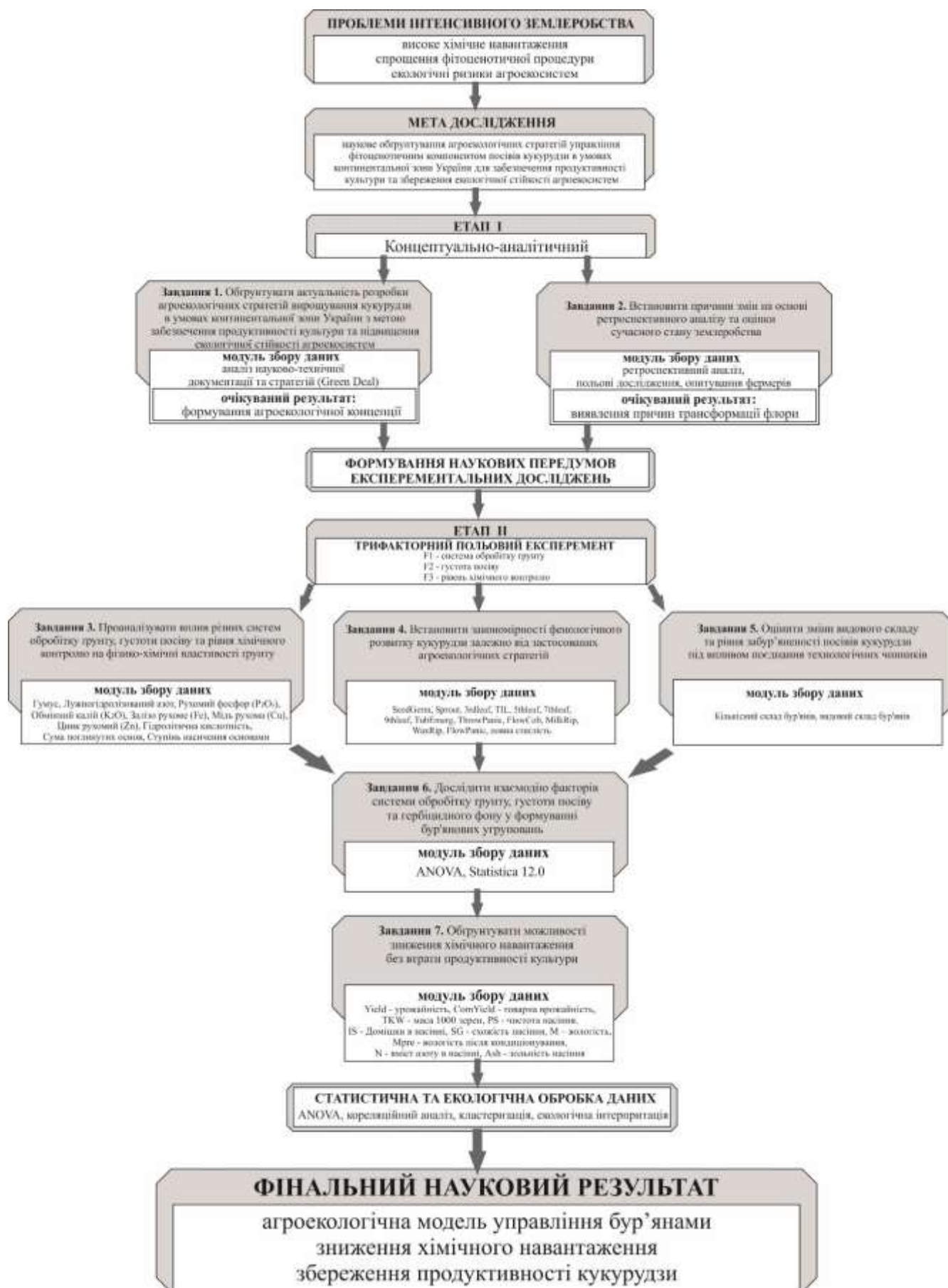


Рис. 2.1. Загальна схема досліджень

Предмет дослідження – агроекологічні стратегії управління фітоценотичним компонентом агроценозів кукурудзи, що реалізуються через поєднання системи обробітку ґрунту, густоти посіву та рівня хімічного контролю бур'янів, а також їхній вплив на структуру й динаміку бур'янових угруповань, фенологічний розвиток культури, екологічну стійкість і продуктивність агроєкосистем.

2.2 Природні умови території досліджень

Експериментальна ділянка була розташована в межах дослідного поля Поліського національного університету (50°26' пн. ш.; 28°04' сх. д.), що знаходиться в північній частині Правобережної України, у межах Поліської фізико-географічної провінції (рис. 2.2).

Досліджувана територія характеризується переважно рівнинним рельєфом зі слабохвилястою поверхнею. Абсолютні відмітки висот коливаються в межах 220–250 м над рівнем моря. Ландшафт сформований давніми водно-льодовиковими та алювіальними відкладами, що зумовлює строкатість ґрунтового покриву та підвищену роль ґрунтово-гідрологічних чинників у функціонуванні агроєкосистем.

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений глеєвою альбічною лювісоллю, класифікованою відповідно до системи WRB як Endogleyic Albic Luvisol (Cutanic, Differentic, Cata-gleyic, Ochric) (*IUSS Working Group WRB, 2022*). Ці ґрунти сформовані на суглинкових відкладах та характеризуються чіткою елювіально-ілювіальною диференціацією профілю.

Для глеєвих лювісолів характерні:

- кисла або слабокисла реакція ґрунтового розчину;
- порівняно низький вміст гумусу в орному шарі;
- підвищена щільність і знижена аерація в нижніх горизонтах;
- періодичне перезволоження, зумовлене близьким заляганням ґрунтових вод.

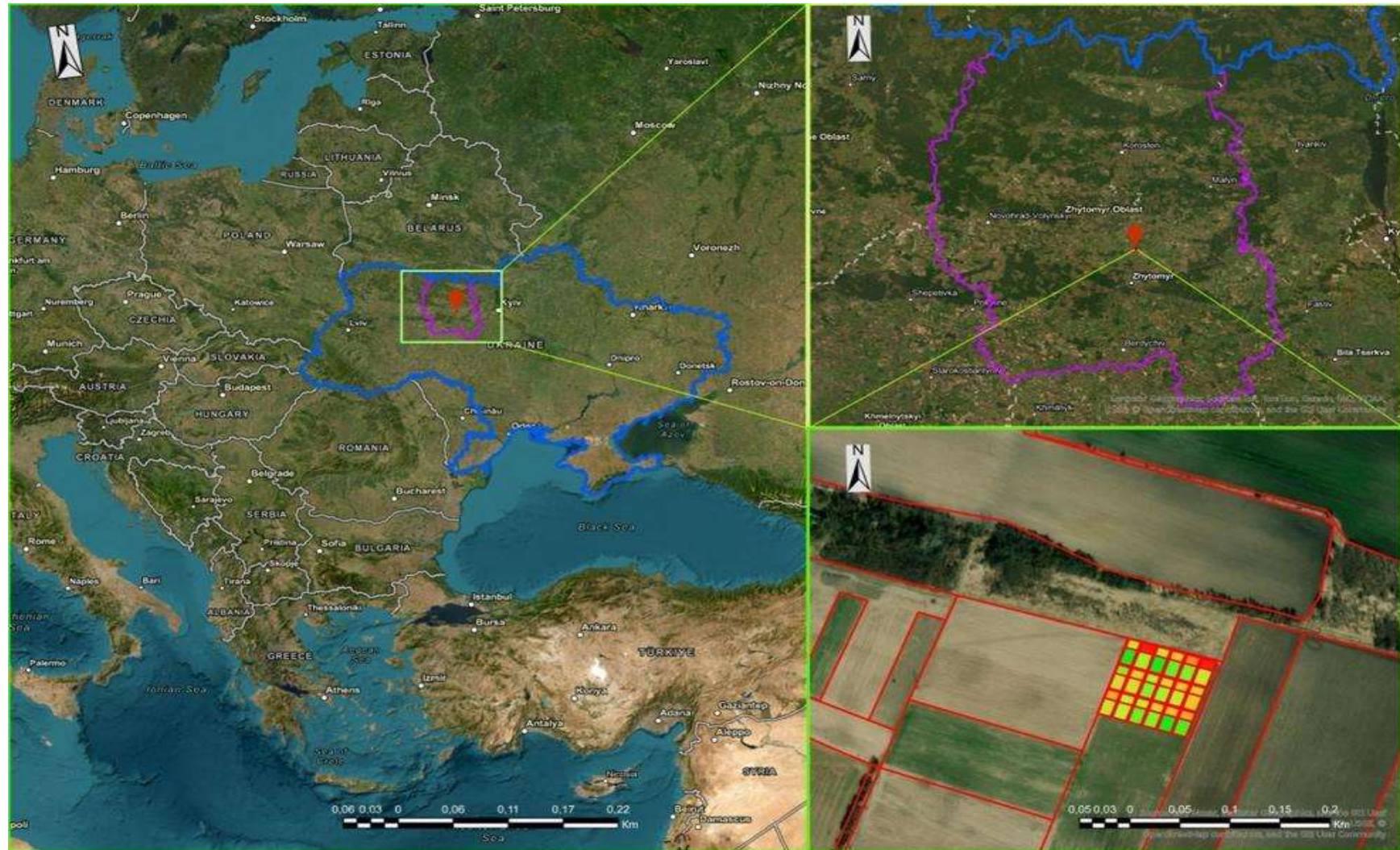


Рис. 2.2 Розташування досліджуваної території

Такі властивості мають істотне значення для формування бур'янових угруповань, оскільки сприяють розвитку гігрофільних і мезофільних видів, а також впливають на ефективність систем обробітку ґрунту та динаміку банку насіння бур'янів [60, 78, 160].

Район досліджень характеризується відносно високим рівнем ґрунтових вод, які в окремі роки можуть підніматися до 1,0–1,5 м від поверхні ґрунту. Це зумовлює періодичне оглеєння профілю, особливо у весняний період та після інтенсивних опадів. Нерівномірність мікрорельєфу сприяє локальним відмінностям водного режиму, що, у свою чергу, формує мозаїчність бур'янового покриву в межах агроценозу кукурудзи.

Клімат досліджуваного регіону належить до помірно континентального типу з підвищеним рівнем зволоження. Середньорічна температура повітря становить близько 7–8 °С. Найхолоднішим місяцем є січень, із середньою температурою близько –5 °С, тоді як найтеплішим – липень, із середньомісячною температурою 18–20 °С.

Тривалість безморозного періоду становить у середньому 150–170 діб, що загалом є достатнім для вирощування кукурудзи, але робить культуру чутливою до строків сівби та ранніх осінніх заморозків. Сума активних температур (>10 °С) коливається в межах 2400–2600 °С, що відповідає мінімальним і середнім вимогам більшості гібридів кукурудзи, рекомендованих для зони Полісся.

Річна кількість опадів становить 600–700 мм, при цьому до 65–70% їх припадає на теплий період року. Літні опади часто мають зливовий характер, що призводить до тимчасового перезволоження ґрунту та створює специфічні умови для проростання бур'янів і розвитку культури. Відносна вологість повітря є підвищеною протягом більшої частини вегетаційного періоду, що впливає на мікроклімат посівів і конкурентні взаємодії «культура–бур'яни».

Поєднання помірно континентального клімату, підвищеного зволоження, глеєвих лювісолів і мозаїчного водного режиму створює специфічні умови функціонування агроєкосистем кукурудзи. Саме в таких умовах особливо чітко

проявляється роль систем обробітку ґрунту у регуляції водного та повітряного режимів; густоти посіву кукурудзи як чинника формування мікроклімату фітоценозу; рівня хімічного контролю бур'янів за умов високого потенціалу їх проростання.

Отже, природні умови території досліджень є репрезентативними для континентальної зони Полісся та створюють надійне підґрунтя для оцінки ефективності агроекологічних стратегій управління бур'яновими угрупованнями в посівах кукурудзи.

2.3 Ретроспективний аналіз формування агробіорізноманіття бур'янів

Джерела даних і просторові межі дослідження. Ретроспективний аналіз динаміки бур'янових угруповань проводили на основі узагальнення матеріалів наукових досліджень, виконаних у регіонах східної частини континентальної зони України відповідно до європейської біогеографічної зональної системи [198].

Для аналізу було використано дані, що охоплюють період з 1966 по 2023 рік, отримані в межах різних науково-дослідних програм, дисертаційних робіт, польових журналів, карт забур'яненості та архівних матеріалів наукових установ.

Загалом для аналізу були залучені флористичні описи орних земель, отримані: до 1990 року – 120 описів; у 1991–2009 роках – 218 описів; у 2010–2023 роках – 212 описів.

Таке групування дозволило зіставити зміни агробіорізноманіття бур'янів у зв'язку з трансформацією систем землеробства.

Періодизація та обґрунтування ретроспективного аналізу. Для аналізу динаміки бур'янових угруповань було виділено три ключові часові періоди:

до 1990 року – період інтенсивного землеробства радянської епохи з домінуванням механічного обробітку ґрунту та централізованих технологій.

З 1991 по 2009 роки – період аграрних реформ, скорочення застосування добрив і засобів захисту рослин, фрагментації землекористування.

з 2010 року до сьогодні – період стабілізації агровиробництва, інтенсифікації технологій та впровадження сучасних гербіцидів.

Кожен наступний період розглядався у порівнянні з попереднім як умовним контрольним, що дало змогу оцінити напрям і масштаб змін бур'янового різноманіття.

Об'єкти обліку та вибірка. Ретроспективний і сучасний аналіз охоплював бур'янові угруповання: у посівах озимої пшениці, кукурудзи та соняшнику; на необроблюваних землях як фонових ділянках.

Мінімальний розмір вибірки було застосовано для 50 окремих полів для точної оцінки рівня зараження бур'янами. Серед обраних полів 89% мали ознаки забур'яненості (озима пшениця – 37%, соняшник – 32%, кукурудза – 20%), а 11% становили необроблені ділянки (рис. 2.3). Облік і оцінку бур'янової рослинності проводили у липні–серпні 2022–2025 років.

Також було проведено ретроспективний аналіз кількості та видового складу бур'янів на основі оглядів польових журналів і карт бур'янів, включаючи список видів бур'янів, а також щільність їх розташування на одиницю площі. Флористичні списки видів бур'янів, виявлених на орних полях досліджуваної території, були доступні для трьох періодів: обстеження, проведених до 1990 року (120 описів), обстежень, проведених з 1991 по 2009 рік (218 описів) та обстежень, проведених з 2010 року до сьогодні (212 описів). З 1991 року до сьогодні (139 полів) та зібрані дослідницькі дані з 70 господарств Житомирської області.

Методика польових обстежень і флористичного аналізу. Облік бур'янів здійснювали методом пробних площ із використанням рамок площею 1,0 м² (рис. 2.4). У кожному полі закладали 12 пробних площ, розташованих на відстані не менше 20 м від краю поля для мінімізації крайового ефекту.

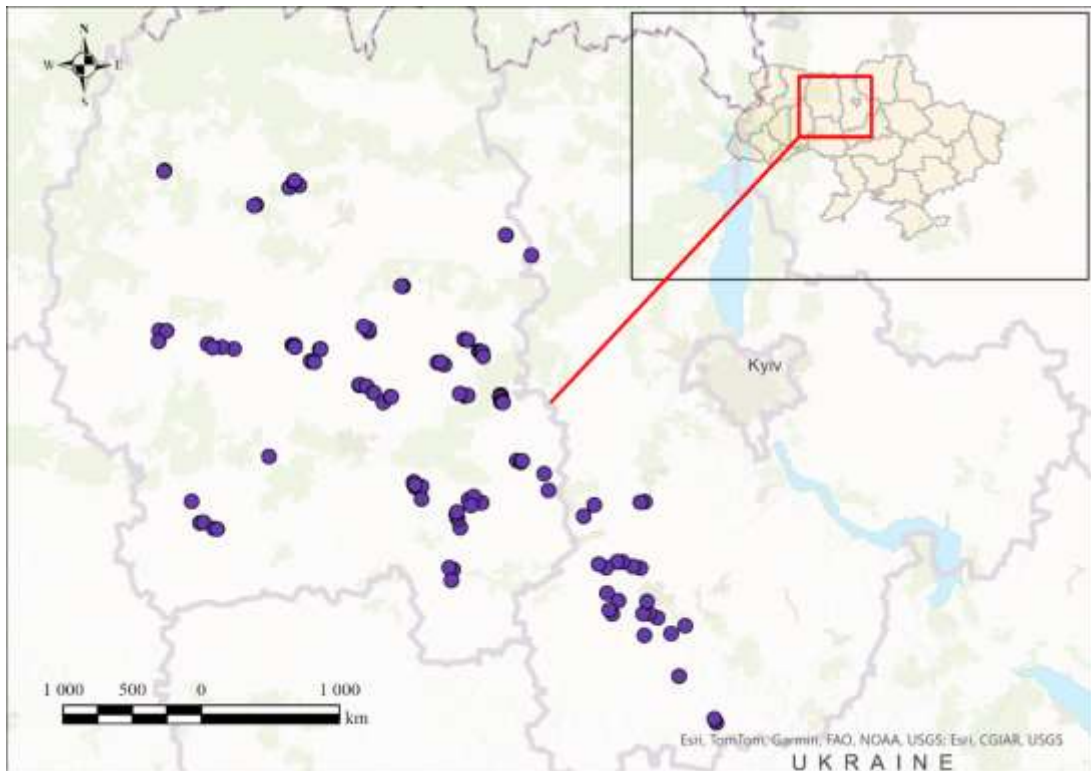


Рис. 2.3. Ділянки обстежень бур'янових угруповань на сільськогосподарських полях континентальної зони України



Рис. 2.4. Рамка для фітоценотичних обліків.

Види бур'янів ідентифікували за стандартним флористичним визначником [168, 238]. Частоту трапляння видів фіксували за підходом Раункієра [190].

Оцінка рівня забур'яненості. Густану бур'янів оцінювали за 7-бальною шкалою [111]:

- 0 – бур'яни відсутні;
- 1 – 1–3 рослини/м² (мінімальна присутність);
- 2 – до 5% покриття (3–5 рослин/м²);
- 3 – 5–20% покриття (5–15 рослин/м²), культура домінує;
- 4 – 20–50% (20–30 рослин/м²);
- 5 – 50–70%, бур'яни рівні або переважають культуру;
- 6 – 75–100%, бур'яни домінують.

Для порівняння періодів використовували інтегральну оцінку забур'яненості, що відображала потенційне зниження біомаси культури залежно від проєктивного покриття та щільності бур'янів.

Статистичну обробку результатів проводили з використанням програмного забезпечення Statistica 12.0 (StatSoft Inc., США). Аналіз включав: перевірку нормальності розподілу; кореляційний аналіз; побудову XYZ 3D-контурних графіків; кластерний аналіз (дендрограми) з використанням евклідових відстаней для виявлення найбільш поширених видів бур'янів.

2.4 Експериментальний дизайн та організація

2.4.1 Загальна схема дослідження та сівозмін

Стаціонарний польовий експеримент закладено на дослідному полі Поліського національного університету та реалізовано за принципом багаторічної сівозміни з ротацією культур у часі. Важливою особливістю організації дослідження є чітке розмежування історії використання поля (попередників) та безпосереднього факторного експерименту, що забезпечує методичну коректність оцінки агроекологічних стратегій.

Згідно з даними польової документації, у 2019–2023 роках на дослідних

ділянках реалізовано п'ятирічну ротацію культур, яка формувала агроекологічний та фітосанітарний фон для подальшого закладання факторного експерименту. Ротація включала культури різних біологічних і функціональних груп, а саме зернові культури (озима пшениця *Triticum aestivum* L., озиме жито *Secale cereale* L., ярий ячмінь *Hordeum vulgare* L. у поєднанні з бобовими); бобові та багаторічні трави (конюшина *Trifolium* вид.); технічну культуру (льон *Linum usitatissimum* L.); зернобобово-злакові сумішки (вика-овес, пелюшка + овес); покривну (сидеральну) культуру – олійну редьку (*Raphanus sativus* var. *oleiformis*).

Для окремих ділянок у 2019 році застосовували поєднання «ячмінь + конюшина» з подальшим вирощуванням конюшини у 2020 році, що створювало потужну бобову ланку та сприяло покращенню азотного режиму ґрунту. У наступні роки відбувалося чергування зернових і технічних культур (озима пшениця, льон), а також включення сумішок зернобобових із злаками, які формували інший тип агрофітоценозу та змінювали конкурентні взаємодії з бур'янами.

Характерною рисою історії поля є те, що у 2023 році на всіх дослідних ділянках незалежно від попередньої ланки сівозміни вирощували олійну редьку як покривну культуру. Це дозволило вирівняти агроекологічні умови перед закладанням факторного експерименту, оптимізувати властивості ґрунту, пов'язані з різними попередниками, а також стабілізувати фітосанітарний стан і частково знизити запас насіння бур'янів у верхньому шарі ґрунту. Таким чином, ротація 2019–2023 рр. виконувала функцію підготовчого етапу, який формував фон для подальших експериментальних досліджень.

Сівозміна реалізована за принципом “зсуву ланок” у часі: різні облікові ділянки в межах стаціонару перебували на різних етапах однієї й тієї ж 5-річної ротації, проте кожна конкретна ділянка послідовно проходила всі ланки сівозміни. Такий підхід забезпечує одночасну присутність різних фаз ротації в межах одного року та мінімізує вплив конкретного попередника на результати досліджень.

Починаючи з 2023 року, після завершення п'ятирічного циклу попередників і вирощування покривної культури, на дослідних ділянках закладено багатofакторний польовий експеримент у посівах кукурудзи. Саме в

цей період (2023–2025 рр.) здійснюється оцінка впливу агроекологічних стратегій, зокрема систем обробітку ґрунту, густоти посіву та рівня хімічного контролю бур'янів.

Таким чином, факторний експеримент реалізується на тлі вирівняної агроекологічної історії поля, що дозволяє інтерпретувати отримані результати не як наслідок випадкових попередників, а як відповідь агроекосистеми кукурудзи на цілеспрямовані технологічні та екологічні впливи (рис. 2.5).

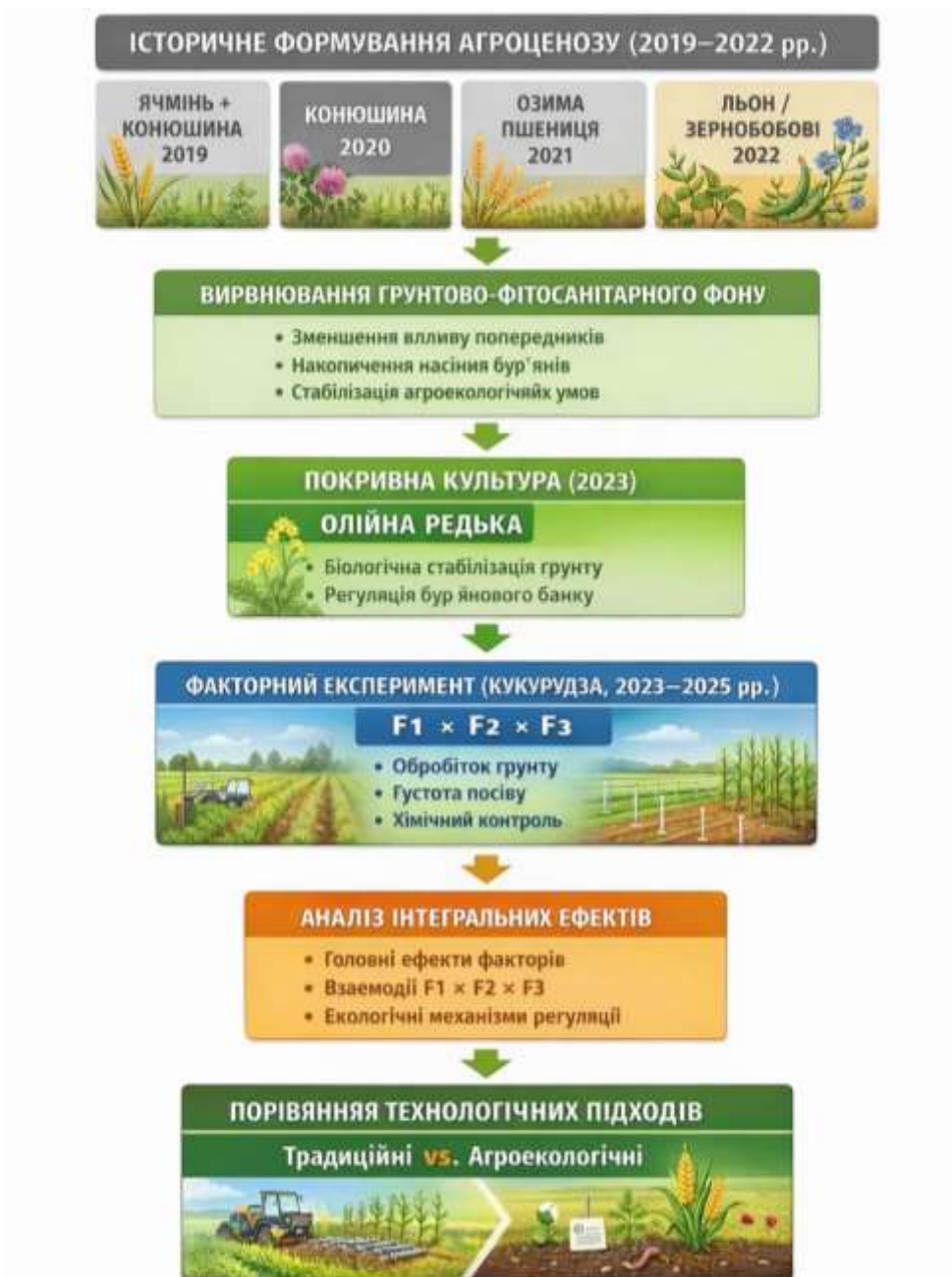


Рис. 2.5. Структура та ротація культур у стаціонарному експерименті (2023–2025 рр.)

У польових дослідженнях як об'єкт вивчення використовували гібрид кукурудзи Даламер (FAO 280), зубовидного типу зерна, який належить до групи середньоранніх високоінтенсивних гібридів. Вибір зазначеного гібриду був зумовлений його високим потенціалом урожайності, адаптивністю до різних ґрунтово-кліматичних умов та здатністю формувати конкурентоспроможний агрофітоценоз. Виробником гібриду кукурудзи Даламер (FAO 280) є компанія Adler Agro Vision.

Гібрид Даламер характеризується добре розвиненим листковим апаратом, високою енергією початкового росту та вираженим ефектом stay-green, що забезпечує тривале функціонування фотосинтетичного апарату в другій половині вегетації. Такі біологічні особливості сприяють швидкому змиканню рядів посіву, зменшенню світлових «вікон» у міжряддях і, відповідно, підсиленню конкурентного тиску культури на бур'янові рослини у критичні фази розвитку.

За морфологічними ознаками гібрид формує рослини висотою 210–230 см із висотою прикріплення качана 90–105 см, що забезпечує стабільність стеблостою та знижує ризик вилягання. Зерно зубовидного типу характеризується високою виповненістю та інтенсивною вологовіддачею, що є важливою ознакою для оцінки агроекологічної ефективності технологій вирощування та післязбиральної доробки зерна.

Висока пластичність гібриду Даламер до умов мінерального живлення та здатність стабільно реалізовувати продуктивний потенціал за різних рівнів агротехнічного навантаження дозволили використовувати його як модельний об'єкт для аналізу взаємодії системи обробітку ґрунту, густоти посіву та рівня хімічного контролю бур'янів у межах агроекологічних стратегій управління агроценозами кукурудзи.

Стаціонарний експеримент організований за принципом ротації культур у часі: кожна облікова ділянка щорічно переходить до наступної ланки сівозміни, що дозволяє нівелювати ефект попередника та забезпечити порівнюваність результатів у різні роки досліджень. Трифакторний експеримент реалізовувався

безпосередньо в посівах кукурудзи, які в кожному році були представлені в різних ланках сівозміни.

У дослідженні застосовано багатофакторний польовий експеримент за схемою повнофакторної моделі з трьома факторами (F1–F3). Загальна кількість комбінацій факторів становила 12 ($3 \times 2 \times 2$). Кожну комбінацію реалізовували у трьох повтореннях, у результаті чого було сформовано 36 облікових ділянок (Додаток А). Загальна площа експерименту становила 1 га. Схема розміщення варіантів у полі наведена на рисунку 2.6.

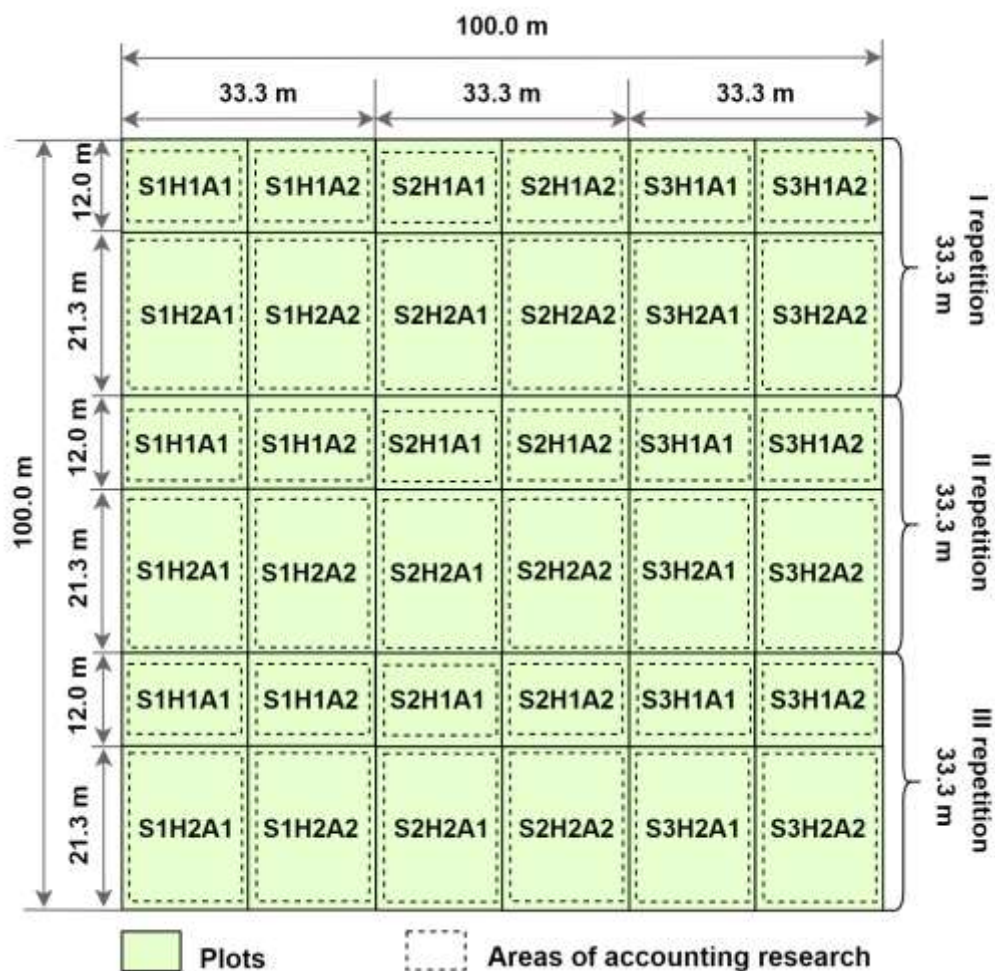


Рис. 2.6. Схема польового експерименту

Фактори досліджу вклучали:

F1 – система обробітку ґрунту:

S1 – глибока оранка на 18–20 см (традиційна система, контроль);

S2 – дискування на 10–12 см (агроекологічна система з частковим обертанням ґрунту);

S3 – фрезерування на 5–7 см (агроекологічна система з мінімальним механічним втручанням).

F2 – густина посіву кукурудзи:

A1 – 1,1 посівної одиниці на гектар (стандартна, контрольна густина);

A2 – 1,3 посівної одиниці на гектар (ущільнений, агроекологічний варіант).

F3 – рівень хімічного контролю бур'янів:

H1 – стандартне застосування гербіцидів відповідно до зональних рекомендацій (АВІСЕДА– 1,2 л/га);

H2 – повна відмова від застосування гербіцидів (агроекологічний варіант).

Усі можливі комбінації факторів $F1 \times F2 \times F3$ були реалізовані в польових умовах, що забезпечувало можливість оцінки як головних ефектів окремих факторів, так і їхньої взаємодії.

Збір експериментальних даних здійснювали протягом усього вегетаційного періоду кукурудзи з тижневою періодичністю. На кожній обліковій ділянці проводили облік фенологічних фаз розвитку кукурудзи; висоти рослин культури; густоти стояння рослин кукурудзи; чисельності та висоти бур'янів із поділом на злакові та широколисті групи.

Облік бур'янів здійснювали за стандартними методиками з використанням пробних площ, описаними в розділі 2.3, що забезпечувало зіставність даних між варіантами та роками досліджень.

Для статистичної оцінки впливу факторів $F1$, $F2$, $F3$ та їхньої взаємодії застосовували дисперсійний аналіз (ANOVA). Аналіз дозволив визначити головні ефекти окремих факторів, виявити синергетичні або антагоністичні взаємодії між ними, а також оцінити внесок кожного фактора у зміну рівня забур'яненості та біологічних показників розвитку кукурудзи. Статистичну обробку результатів проводили з використанням програмного забезпечення Statistica 12.0.

Запропонована схема експерименту забезпечує комплексну оцінку окремого та комбінованого впливу систем обробітку ґрунту, густоти посіву та рівня хімічного контролю бур'янів, дозволяє виявити екологічні механізми регуляції бур'янових угруповань у посівах кукурудзи та порівняти ефективність традиційних і агроекологічних технологічних рішень у єдиній системі координат.

Логіка застосування агроекологічних стратегій та очікувані напрямки їхнього впливу на формування бур'янових угруповань узагальнені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Схема гіпотез щодо впливу агроекологічних стратегій на формування бур'янових угруповань у посівах кукурудзи

Код варіанта (F1×F2×F3)	Характеристика агроекологічної стратегії	Очікуваний екологічний механізм регуляції бур'янів
S1A1H1	Глибока оранка + стандартна густота посіву + хімічний контроль	Механічне загортання насіння бур'янів у поєднанні з гербіцидним пресингом формує короткочасне зниження чисельності бур'янів, однак створює умови для домінування видів, адаптованих до інтенсивного порушення ґрунту
S1A2H1	Глибока оранка + підвищена густота посіву + хімічний контроль	Посилення міжвидової конкуренції з боку культури за світло та простір у поєднанні з хімічним контролем обмежує розвиток світлолюбних бур'янів на ранніх етапах вегетації
S1A1H2	Глибока оранка + стандартна густота посіву + безгербіцидна система	Відсутність хімічного контролю за умов інтенсивного порушення ґрунту сприяє проростанню насіння з глибших шарів і формуванню нестійких, але численних бур'янових угруповань

Код варіанта (F1×F2×F3)	Характеристика агроекологічної стратегії	Очікуваний екологічний механізм регуляції бур'янів
S1A2H2	Глибока оранка + підвищена густина посіву + безгербицидна система	Часткова компенсація відсутності гербицидів за рахунок щільнішого стеблостою культури, що зменшує доступ світла для бур'янів, однак не усуває ефект глибокого механічного порушення ґрунту
S2A1H1	Дискування + стандартна густина посіву + хімічний контроль	Поєднання помірного механічного впливу та гербицидного пресингу формує селективний відбір бур'янів, адаптованих до поверхневого обробітку
S2A2H1	Дискування + підвищена густина посіву + хімічний контроль	Зменшення екологічної ніші бур'янів завдяки швидшому змиканню рядків у поєднанні з хімічним контролем обмежує видове різноманіття бур'янових угруповань
S2A1H2	Дискування + стандартна густина посіву + безгербицидна система	Поверхнєве розміщення насіння бур'янів у поєднанні з відсутністю хімічного контролю сприяє підвищеній хвильовій динаміці сходів бур'янів
S2A2H2	Дискування + підвищена густина посіву + безгербицидна система	Посилення конкурентної здатності кукурудзи частково стримує розвиток бур'янів, формуючи більш стабільні, але екологічно спрощені бур'янові угруповання
S3A1H1	Фрезерування + стандартна густина посіву + хімічний контроль	Мінімальне порушення ґрунту зберігає насіння бур'янів у верхньому шарі, а гербицидний вплив зменшує загальну чисельність, сприяючи вирівнюванню структури угруповань

Код варіанта (F1×F2×F3)	Характеристика агроекологічної стратегії	Очікуваний екологічний механізм регуляції бур'янів
S3A2H1	Фрезерування + підвищена густота посіву + хімічний контроль	Синергія щільного стеблостою та зменшеного механічного втручання обмежує екологічну нішу бур'янів на ранніх стадіях розвитку
S3A1H2	Фрезерування + стандартна густота посіву + безгербіцидна система	Формування конкурентних взаємодій між культурою та бур'янами без різкого порушення ґрунтового насінневого банку
S3A2H2	Фрезерування + підвищена густота посіву + безгербіцидна система	Реалізація біологічного механізму контролю бур'янів через затінення та просторову конкуренцію, що сприяє формуванню більш екологічно стабільних бур'янових угруповань

Наведена схема гіпотез відображає очікувані екологічні механізми регуляції бур'янових угруповань у посівах кукурудзи та слугує теоретичною основою для подальшого аналізу експериментальних результатів.

2.5 Збір зразків ґрунту та аналіз фізико–хімічних властивостей

Дослідження фізико-хімічних та агрофізичних властивостей ґрунту проводили з використанням багатофазної експериментальної методології, спрямованої на комплексну оцінку стану ґрунтового середовища в умовах багаторічного факторного експерименту з вирощування кукурудзи. Аналіз ґрунтових параметрів здійснювали у Вимірювальній лабораторії Поліського національного університету з дотриманням вимог чинних національних і міжнародних стандартів.

У межах дослідження було відібрано та проаналізовано 108 зразків ґрунту, по 36 зразків з кожного поля, які протягом трьох років використовувалися для вирощування кукурудзи в сівозміні. Кількість відібраних проб відповідала

структурі повнофакторного експерименту та забезпечувала репрезентативність результатів для кожної комбінації дослідних факторів.

Відбір ґрунтових проб здійснювали відповідно до стандартів серії ISO 18400–201(2017), з обов'язковою фіксацією дати відбору та глибини залягання проб. Такий підхід забезпечував однаковість методики відбору, безпеку процедур і порівнюваність результатів між варіантами досліджу, а також мінімізував вплив просторової неоднорідності ґрунтового покриву.

Залежно від типу показника аналізу виконували на повітряно-сухих зразках ґрунту, просіяних через сито з діаметром отворів 2 мм та непорушених ґрунтових зразках, відібраних циліндровим методом.

Для всебічної характеристики ґрунтового середовища визначали комплекс фізико-хімічних, агрохімічних та агрофізичних показників, які відображають:

- вуглецево-азотний стан ґрунту;
- поживний режим і забезпеченість макро- та мікроелементами;
- кислотно-лужну реакцію та іонний баланс ґрунтового розчину;
- гранулометричний склад і структурний стан;
- водоутримувальні властивості та щільність ґрунту;
- вміст мінеральних форм азоту.

Повний перелік показників, їхні позначення, одиниці виміру, тип зразка та методи визначення наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

Агрохімічні показники ґрунту та методи їх визначення

Показник	Познач.	Од. вим.	Метод вимірювання
Реакція ґрунтового розчину (обмінна кислотність)	pH	–	Визначення pH потенціометричним методом за ДСТУ ISO 10390:2001
Гумус	Humus	%	Визначення за методом Тюріна відповідно до ДСТУ 7828:2015
Лужногідролізований азот	N _{alk}	мг·кг ⁻¹	Визначення за методом Корнфілда відповідно до ДСТУ 7863:2015

Рухомі сполуки фосфору	P ₂ O ₅	мг·кг ⁻¹	Визначення за методом Кірсанова відповідно до ДСТУ 4405:2005
Обмінний калій	K ₂ O	мг·кг ⁻¹	Визначення за методом Кірсанова відповідно до ДСТУ 4405:2005
Гідролітична кислотність	Hг	ммоль·100 г ⁻¹	Визначення за методом Каппена відповідно до ДСТУ 7537:2014
Сума ввібраних основ	S	ммоль·100 г ⁻¹	Визначення за методом Каппена відповідно до ДСТУ 4362:2004
Ступінь насичення основами	V	%	Розрахунок: $V = (S / (S + Hh)) \times 100$, ДСТУ 3980:2000
Мідь рухома	Cu	мг·кг ⁻¹	Атомно-абсорбційна спектрометрія відповідно до ДСТУ 4770.6:2007
Цинк рухомий	Zn	мг·кг ⁻¹	Атомно-абсорбційна спектрометрія відповідно до ДСТУ 4770.2:2007
Свинець рухомий	Pb	мг·кг ⁻¹	Атомно-абсорбційна спектрометрія відповідно до ДСТУ 4770.9:2007
Кадмій рухомий	Cd	мг·кг ⁻¹	Атомно-абсорбційна спектрометрія відповідно до ДСТУ 4770.3:2007

Аналізи виконували методом елементного аналізу на подрібнених зразках ґрунту (<2 мм). Отримані показники використовували для характеристики процесів гуміфікації, співвідношення C:N та потенційної біологічної активності ґрунтового середовища.

Гранулометричний склад ґрунту визначали за вмістом піску, пилу та глини піпетковим методом. Структурний стан ґрунту оцінювали за розподілом агрегатів за розмірами та середньозваженим діаметром агрегатів (AMWD), визначеним методом вологого просіювання на непорушених зразках.

Водно-фізичні властивості ґрунту характеризували за показниками польової вологості, вологості в'янення та доступної води, а також за об'ємною щільністю ґрунту в шарі 0–5 см і гравіметричною вологістю.

Комплекс визначених фізико-хімічних та агрофізичних показників ґрунту використовували як базову основу для інтерпретації реакції агроценозу кукурудзи на систему обробітку ґрунту, густоту посіву та рівень хімічного контролю бур'янів, а також для виявлення екологічних механізмів стабілізації агроценозу в традиційних та агроекологічних системах землеробства.

2.6 Фенологічний розвиток кукурудзи

Фенологічний розвиток кукурудзи (*Zea mays L.*) вивчали з метою встановлення закономірностей проходження основних фаз онтогенезу культури залежно від поєднання агроекологічних стратегій вирощування, зокрема системи обробітку ґрунту (F1), густоти посіву (F2) та рівня хімічного контролю бур'янів (F3).

Дослідження фенологічних особливостей проводили в межах багатофакторного польового експерименту, організованого за схемою повного факторного дизайну $F1 \times F2 \times F3$ з трьома повтореннями кожної комбінації факторів, що загалом становило 12 варіантів і 36 облікових ділянок. Така схема забезпечувала можливість оцінки як головних ефектів окремих факторів, так і їхньої взаємодії, а також підвищувала статистичну надійність отриманих результатів

Фенологічні спостереження здійснювали протягом усього вегетаційного періоду кукурудзи з інтервалом 5–7 діб, починаючи від сівби й до досягнення повної стиглості. Облік проводили за календарним методом із фіксацією дат настання основних фенологічних фаз для кожного варіанта дослідів. Фазу вважали досягнутою, коли не менше 50 % рослин на обліковій ділянці входили у відповідну стадію розвитку.

У межах дослідження реєстрували такі фенологічні фази розвитку кукурудзи: проростання насіння (SeedGerm), поява сходів (Sprout), утворення 3-го, 5-го, 7-го та 9-го листків (3rdleaf, 5thleaf, 7thleaf, 9thleaf), вихід у трубку (TubEmerg), викидання волоті (ThrowPanic), цвітіння волоті (FlowPanic) та качана (FlowCob), молочну (MilkRip), воскову (WaxRip) і повну стиглість

(FullRip). Позначення фенологічних фаз наведено відповідно до переліку умовних скорочень, прийнятого в дисертації.

Окрім фіксацій термінів настання окремих фенологічних фаз, у межах фенологічних спостережень здійснювали оцінку фітосанітарного стану посівів. Зокрема, проводили макроскопічну та мікроскопічну оцінку ураження рослин хворобами з використанням показників поширення та розвитку захворювань. Також виконували кількісну оцінку ентомологічного стану агроценозу шляхом обліку зимуючих шкідників у ґрунті, чисельності шкідників на поверхні ґрунту та визначення втрат урожаю, пов'язаних із пошкодженням рослин комахами.

Фенологічні спостереження проводили за методикою Держсортмережі: початок фази – 10% рослин, повна фаза – 75% рослин (ДСТУ ISO 11464-2001) (Табл. 2.3).

Таблиця 2.3.

Перелік показників здоров'я рослин та методів їх визначення

Параметр спостережень	Код параметра	Од. вим.	Метод досліджень
Фенологічні спостереження: проростання насіння	SeedGerm	дні	Візуальні огляди починають через 3 дні після сівби і повторять у кожному наступному обході. Ознака фази – вихід зародкового корінця на 2–3 мм із зернини. У кожній частині ділянки обліковують 20 зерен (пошкоджені не враховують), після огляду зерна закопують на ту ж глибину. Фаза зараховується, коли ознака є мінімум у 5 з 20 зерен
Фенологічні спостереження: сходи (“stairs”)	Sprout	дні	Візуальне обстеження: початок фази – коли перші листки розгортаються на поодиноких рослинах у різних частинах ділянки; масовий початок – коли сходи з'явилися в більшості гнізд

Параметр спостережень	Код параметра	Од. вим.	Метод досліджень
Фенологічні спостереження: утворення 3-го листка	3rdleaf	дні	Ознака фази – поява розгорнутої верхівки листкової пластинки з піхви попереднього листка; фіксація за результатами візуальних оглядів
Фенологічні спостереження: куціння	TIL	дні	Фіксують під час візуальних обстежень за морфологічними ознаками фази (куціння/тилеринг)
Фенологічні спостереження: утворення 5-го листка	5thleaf	дні	Починаючи з 3-го листка, відмічають формування наступних непарних листків: 5, 7, 9. Ознака – поява розгорнутої верхівки листка з піхви попереднього
Фенологічні спостереження: утворення 7-го листка	7thleaf	дні	Аналогічно: візуальна фіксація появи розгорнутої верхівки 7-го листка з піхви попереднього
Фенологічні спостереження: утворення 9-го листка	9thleaf	дні	Аналогічно: візуальна фіксація появи розгорнутої верхівки 9-го листка; 1 раз за вегетацію визначають кількість листків, які не вийшли
Фенологічні спостереження: вихід волоті з трубки	TubEmerg	дні	Фаза (в документі як “ejection/emergence”) завершує листкоутворення. Ознака – вихід верхньої частини волоті з піхви останнього листка
Фенологічні спостереження: викидання волоті	ThrowPanic	дні	Фіксують під час візуальних оглядів за ознакою появи волоті (вихід її верхньої частини)
Фенологічні спостереження: цвітіння волоті	FlowPanic	дні	Фаза реєструється за появою пиляків (anthers) на головній гілці волоті

Параметр спостережень	Код параметра	Од. вим.	Метод досліджень
Фенологічні спостереження: цвітіння качана	FlowCob	дні	Визначають за появою ниткоподібних стовпчиків в обгортці качана. Тривалість може бути 1–10 днів і більше залежно від агрометеоумов. Якщо на головному стеблі 2–3 качани, фазу фіксують по качану, де нитки з'явилися найраніше
Фенологічні спостереження: молочна стиглість	MilkRip	дні	Ознаки: нитки побуріли й висохли, обгортка ще зелена; зерно в середині качана біле/світло-жовте; при роздавлюванні виділяється “молочна” рідина. Для точного обліку: роблять надріз обгортки 5–7 × 3–4 см, злегка розгортають, беруть 2 зернини з двох сусідніх рядів; загалом обліковують 80 зерен
Фенологічні спостереження: воскова стиглість	WaxRip	дні	Зерно набуває сортового забарвлення, консистенція як віск; зерно легко ріжеться ножом, але рідина не виділяється; обгортка висихає і втрачає зелений колір. Визначають на тих самих качанах, що обліковувались у фазі молочної стиглості
Фенологічні спостереження: повна стиглість	FullRip	дні	Визначають за затвердінням зерна в центрі качана; при натисканні ножом зерно розколюється

Статистичну обробку даних фенологічного розвитку кукурудзи здійснювали з використанням сучасних методів багатofакторного аналізу у середовищі RStudio (версія 2024.12, мова R 4.3.2). Для аналізу застосовували пакети lme4, lmerTest, glmmTMB, emmeans, car та DHARMA. Обробку даних проводили поетапно, що забезпечувало коректну оцінку впливу дослідних факторів на темпи та послідовність проходження фенологічних фаз.

На першому етапі виконували підготовку та структурування даних, що включало перевірку коректності введення показників, відокремлення повторностей та формування бази даних відповідно до схеми факторного експерименту $F1 \times F2 \times F3$. Для кожної фенологічної фази оцінювали нормальність розподілу (тест Шапіро–Вілка) та однорідність дисперсій (тест Левена), що дозволяло обґрунтувати застосування параметричних статистичних методів.

Основним методом аналізу впливу агроекологічних факторів на фенологічний розвиток кукурудзи був дисперсійний аналіз (ANOVA), який проводили окремо для кожної фенологічної фази. У межах аналізу оцінювали головні ефекти факторів F1 (система обробітку ґрунту), F2 (густота посіву) та F3 (рівень хімічного контролю бур'янів), а також їхні дво- і трифакторні взаємодії. У випадках виявлення статистично значущих взаємодій подальшу інтерпретацію результатів здійснювали шляхом аналізу простих ефектів із використанням скоригованих середніх значень (estimated marginal means, emmeans) та множинних порівнянь між варіантами.

Для поглибленого аналізу темпів розвитку культури застосовували регресійні підходи, що дозволяли оцінити швидкість переходу між окремими фенологічними фазами та виявити ефекти прискорення або затримки розвитку рослин під впливом дослідних факторів. У регресійних моделях фактори F1, F2, F3 та їх взаємодії використовували як предиктори, а календарні дні настання відповідних фенологічних фаз – як залежні змінні. Додатково аналізували кореляційні зв'язки між ранніми та пізніми фазами розвитку, що давало змогу оцінити стабільність фенологічної реакції кукурудзи в межах різних агроекологічних стратегій.

Таким чином, застосована методика фенологічних спостережень і статистичного аналізу забезпечила комплексну оцінку впливу системи обробітку ґрунту, густоти посіву та рівня хімічного контролю бур'янів на темпи і послідовність розвитку кукурудзи в умовах континентальної зони України, а

також створила надійне підґрунтя для інтерпретації отриманих результатів у розділі 3 дисертаційної роботи.

2.7 Облік бур'янів.

Видовий склад і щільність бур'янів визначали щотижня на 36 дослідних ділянках у період з травня по серпень 2024 року. Поточну забур'яненість посівів встановлювали за результатами маршрутних обстежень, які проводили щороку у період появи основних видів бур'янів [2]. Стратегії застосування гербіцидів у післясходовий період формували на основі результатів обліку бур'янів, отриманих навесні після масової появи сходів. На кожному полі сівозміни або його сегменті площею до 50 га закладали щонайменше 10 ділянок моніторингу: для обліку багаторічних бур'янів площею 2–3 м², а для більшості однорічних — 0,25–1 м². Густану бур'янів на полі також оцінювали за допомогою бальних шкал. (табл. 2.4).

Таблиця 2.4.

Шестибальна шкала оцінки ґрунту, вкритого бур'янами

Оцінка	Ступінь покриття	Опис
0		бур'янів немає
1		бур'яни присутні окремо, з щільністю покриття близько 0,1–3 бур'янів на 10 м ²
2	до 5%	3–5 бур'янів на м ²
3	5–20%	з 5–15 бур'янами на м ² , культурні рослини переважають над бур'янами
4	20–50%	20–30 бур'янів на м ² , культурні рослини продовжують переважати над бур'янами

Оцінка	Ступінь покриття	Опис
5	50–70%	кількість бур'янів дорівнює або перевищує кількість культурних рослин, культура знаходиться під загрозою
6	75–100%	постійні засмічення, бур'яни суттєво домінують у культурній рослинності

Для зручності було використано шкалу проективного покриття поверхні ґрунту бур'янами (у балах та відсотках) (рис. 2.7).

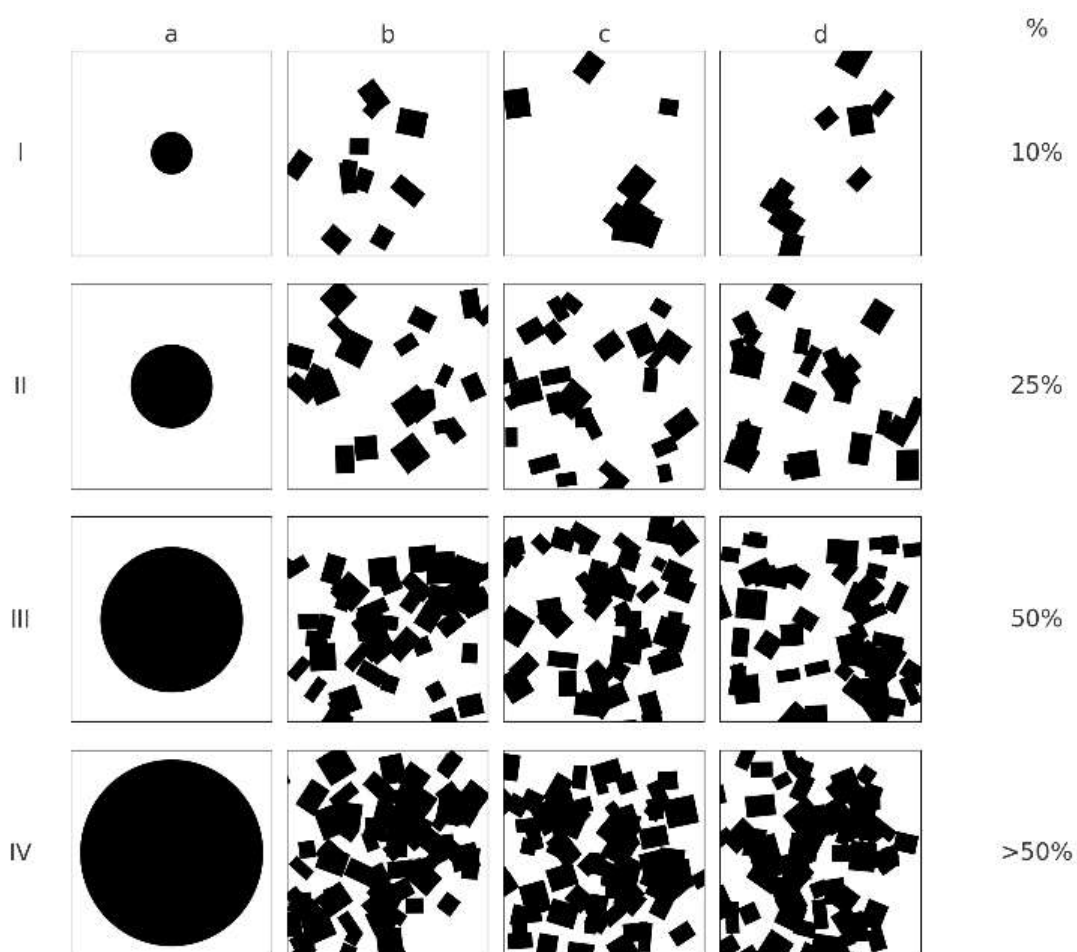


Рис. 2.7. Кубічна шкала оцінки забур'яненості на основі прогнозованого покриття поверхні ґрунту бур'янами (у балах та відсотках)
Примітка: а\б – рівномірний розподіл бур'янів по всій площі; с – комірчасте покриття; д – суцільне покриття

Метод кількісного обліку передбачав підрахунок культурних рослин і бур'янів на визначених облікових ділянках. Для цього використовували облікові рамки відповідних розмірів. Після підрахунку бур'янів у межах рамки визначали їх середню кількість на одну рамку та перераховували на 1 м². Частку культурних рослин у структурі агрофітоценозу приймали за 100%. Ступінь забур'яненості посівів оцінювали за відповідною бальною шкалою (табл. 2.5).

Таблиця 2.5.

Шкала для визначення ступеня забур'яненості посівів

Кількість бур'янів на 1 м ²	Рейтинг	Ступінь прополювання
1–5	1	Дуже слабкий
6–15	2	Слабкий
16–50	3	Середній
51–100	4	Сильний
Більше 100	5	Дуже сильний

Кількісно-ваговий метод обліку бур'янів передбачав визначення їх чисельності за видами та загальної кількості, а також оцінку висоти рослин, стадії розвитку та біомаси. Бур'яни на облікових ділянках видаляли, відокремлювали кореневу систему, після чого зразки зважували, висушували до повітряно-сухого стану та проводили повторне зважування. Для аналізу даних про біорізноманіття використовувався індекс Жаккара, який кількісно визначає подібність між двома наборами та зазвичай використовується в екології для оцінки спільності видів у різних районах та експериментальних умовах.

$$J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}, \quad (1)$$

де $|A \cap B|$ – кількість видів, спільних для обох ділянок (варіантів);

$|A \cup B|$ – загальна кількість видів, що зустрічаються принаймні в одній з ділянок.

Індекс змінюється від 0 до 1: 1,00 – повний збіг (види завжди зустрічаються разом); 0,00 – відсутність збігу (види ніколи не зустрічаються разом).

Ступінь забур'яненості посівів оцінювали за комплексом кількісних, біометричних та фітоценотичних показників, наведених у табл. 2.6. Загальне покриття бур'янів, а також покриття однодольних і дводольних видів визначали на основі аналізу зображень посівів та візуального обліку свіжих рослин. Видовий склад і щільність бур'янів встановлювали шляхом підрахунку кількості видів на одиницю площі (види/м²).

Таблиця 2.6.

Дані визначення ступеня забур'яненості посівів

Показник	Скорочення у даних	Одиниця вимірювання	Тип зразка
Загальне покриття бур'янів	TWD	%	Зображення та свіжі рослини
Загальне покриття однодольних	TMD	%	Зображення та свіжі рослини
Загальне покриття дводольних	TDD	%	Зображення та свіжі рослини
Покриття виду основних видів бур'янів	вид1	%	Зображення та свіжі рослини
Щільність бур'янів	Density	види/м ²	Зображення та свіжі рослини
Сира маса однодольних	MFW	г/м ²	Свіжі рослини
Суха маса однодольних	MDW	г/м ²	Сухі рослини
Сира маса дводольних	DFW	г/м ²	Свіжі рослини
Суха маса дводольних	DDW	г/м ²	Сухі рослини
Загальна сира маса	TFW	г/м ²	Свіжі рослини
Загальна суха маса	TDW	г/м ²	Сухі рослини
Довжина надземної частини (необов'язково)	APL	см	Свіжі рослини
Сира маса основних видів бур'янів	вид_FW1	г/м ²	Свіжі рослини

Суша маса основних видів бур'янів	вид_DW1	г/м ²	Сухі рослини
Фітоценотичний індекс основних видів бур'янів	Iphy_вид1	0–100	Зображення та свіжі рослини

Сиру та суху біомасу бур'янів (однодольних, дводольних і домінуючих видів) визначали шляхом зважування свіжих рослинних зразків і після їх висушування до повітряно-сухого стану. Додатково вимірювали довжину надземної частини рослин, що дозволяло оцінити морфометричні особливості бур'янових компонентів агрофітоценозу.

Фітоценотичний індекс основних видів бур'янів (**Iphy**) визначали як інтегральний показник, що характеризує відносну участь виду у формуванні бур'янового угруповання. Індекс розраховували як відсоткове співвідношення показника участі окремого виду (покриття та/або біомаси) до сумарного значення відповідного показника для всіх видів бур'янів у межах облікової площі. Значення фітоценотичного індексу виражали у відсотках (0–100), при цьому вищі значення свідчили про більшу фітоценотичну роль виду в агрофітоценозі.

Фітоценотичний індекс основного виду бур'янів (**Iphy**) розраховували за формулою:

$$Iphy_i = \frac{P_i}{\sum P} \times 100. \quad (2)$$

де:

$Iphy_i$ – фітоценотичний індекс i -го виду, %;

P_i – показник участі i -го виду у бур'яновому угрупованні (покриття та/або біомаса виду);

$\sum P$ – сумарне значення відповідного показника для всіх видів бур'янів на обліковій площі.

За потреби, при аналізі біомасових показників, у розрахунках використовували дані сирої або сухої маси основних видів бур'янів.

2.8 Визначення якості врожаю

По завершенню кожного року есперименту визначались параметри якості врожаю (табл. 2.7).

Таблиця 2.7

Методи визначення якості урожаю

Показник	Скорочення	Од. вим.	Метод вимірювання
Урожайність зерна	<i>Yield</i>	кг/га	Облік урожаю з облікової площі 25 м ² за 4-кратної повторності. Качани, що досягли воскової стиглості, зважують; урожайність розраховують з урахуванням виходу зерна та коефіцієнта перерахунку до стандартної вологості 14% за формулою: $Y = (P \times B \times K) / A$
Товарна врожайність	<i>ComYield</i>	кг/га	Зважування зерна після обмолоту качанів, що досягли воскової стиглості; качани, які не дозріли, та втрати після проходу комбайна не включаються до врожаю
Маса 1000 зерен	<i>TKW</i>	г	Розрахунок маси 1000 зерен за лабораторною вибіркою
Чистота насіння	<i>PS</i>	%	Визначення частки повноцінного зерна у середній пробі, відібраній з кожного повторення після обмолоту
Домішки в насінні	<i>IS</i>	%	Визначення відсотка пошкодженого, недорозвиненого зерна та сторонніх домішок у середній пробі
Схожість насіння	<i>SG</i>	%	Оцінка посівних якостей зерна після обмолоту, за результатами лабораторного пророщування (у межах оцінки якості зерна)
Передзбиральна вологість зерна	<i>M</i>	%	Напередодні збирання з кожної ділянки відбирають 5 качанів, очищають від обгорток,

Показник	Скорочення	Од. вим.	Метод вимірювання
			зважують і формують середню пробу; вологість визначають після обмолоту
Вологість після кондиціонування	<i>Mpre</i>	%	Визначення вологості зерна після підсушування проби та обмолоту; використовується для перерахунку врожайності
Вміст азоту (білка) в зерні	<i>N</i>	% сухої речовини	Оцінка як складова якості зерна у межах визначення вмісту білка за середньою пробєю (після обмолоту та підсушування)
Зольність зерна	<i>Ash</i>	% сухої речовини	Визначення показника якості зерна за середньою пробєю після обмолоту (в рамках загальної оцінки хімічного складу зерна)

Методи статистичного аналізу. Для оцінки впливу пестицидів та густоти посіву на густоту бур'янів було використано дисперсійний аналіз (ANOVA) та кілька статистичних методів. Для створення моделей прогнозування рівнів розвитку кукурудзи було використано регресійний аналіз. Достовірними вважалися лише фактори, які зберігали статистичну значущість після корекції. Дослідження проводилося відповідно до стандартів *Конвенції про біологічне різноманіття (1992)* [14].

РОЗДІЛ 3. АГРОЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ АГРОЦЕНОЗІВ КУКУРУДЗИ

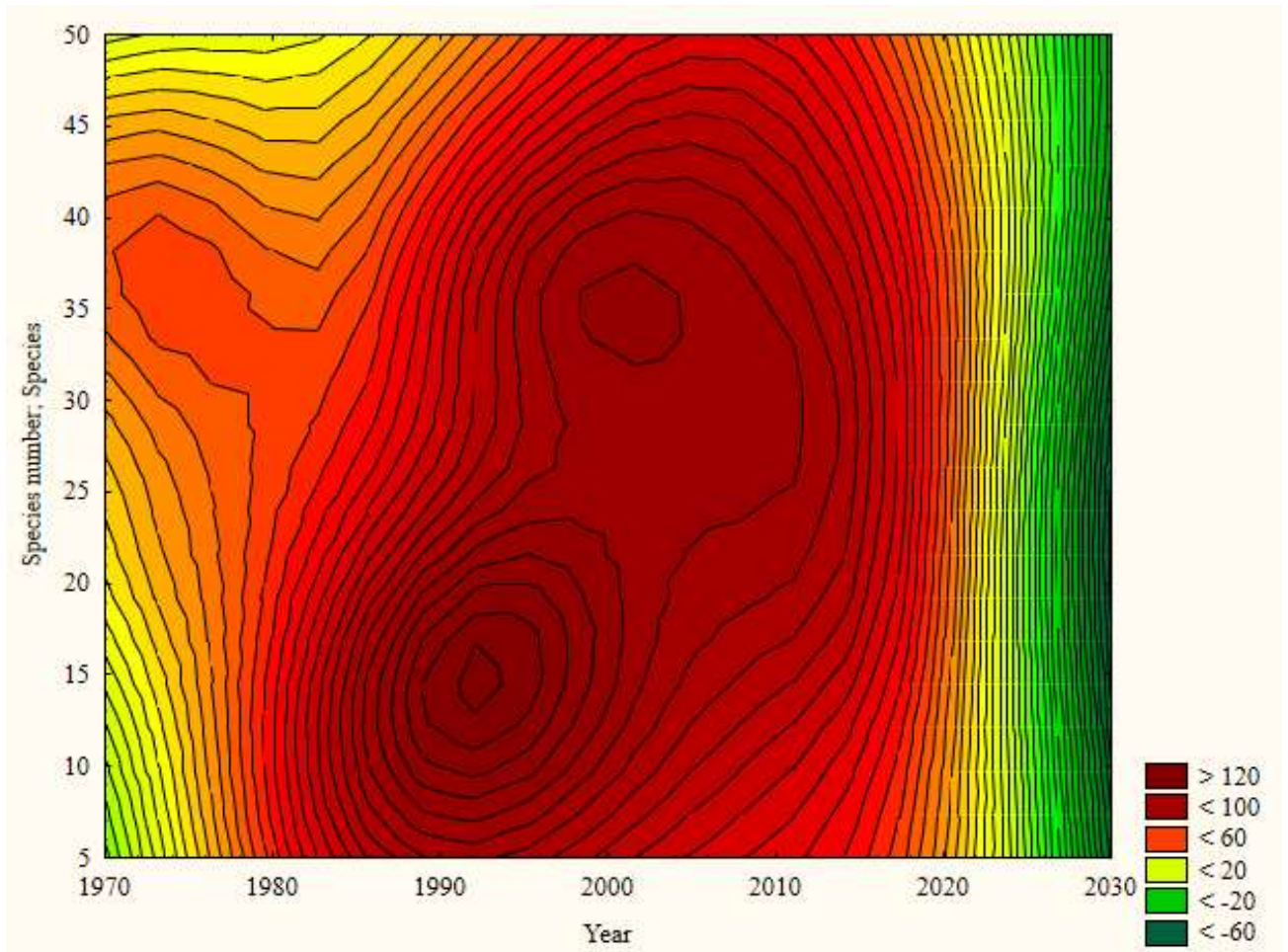
3.1 Трансформація агробіорізноманіття бур'янів у континентальній зоні України

3.1.1 Ретроспективна динаміка видового складу бур'янів (1966–2023 рр.)

Поточний огляд історичних даних про види бур'янів на полях континентальної частини України виявив помітне зниження середньої кількості видів бур'янів на м². До 1990 року середня кількість становила 32 види; однак під час недавнього дослідження у 2023–2025 роках кількість зменшилася до 16,8 видів, що становить 30% скорочення. Щільність популяції бур'янів становила 95,6 особин/м² з 1975 по 1990 рік; згодом вона зросла до 102,85 особин/м² з 1991 по 2010 рік. Рис. 3.1. демонструє кореляцію між зростанням популяції бур'янів на сільськогосподарських полях континентальної частини України та періодом з 1991 по 2010 рік, що співпадає з наслідками розпаду Радянського Союзу, коли державна допомога сільському господарству була скасована, а численні господарства не мали засобів для закупівлі гербіцидів. Проте тваринницький сектор сільського господарства був добре розвинений, що забезпечувало удобрення сільськогосподарських культур органічними добривами, виробленими безпосередньо в господарствах. Ненавмисно ця практика сприяла розповсюдженню та розмноженню насіння бур'янів, про що свідчить чотирирічне дослідження *Blackshaw та ін. (2005)*, згідно яким рейтинг банку насіння бур'янів був таким: компостований гній = розсіяне N–добриво > свіжий гній > смугастий N–добриво [17]. Це ж засвідчують ряд інших наукових праць [59, 252].

На основі рис.3.1. було зроблено висновок, що густина бур'янів зросла з 1985 року до 2015 року, а потім відбулося зниження популяції, що свідчить про

те, що застосування органічного землеробства призвело до зниження рівня зараження бур'янами [108].



Роки: Кількість видів, Фрагменти: $y = 118.0806 - 0.0464 * x$;

Кореляція Пірсона (r) = $-0,1133$; $p = 0,2474$; Коефіцієнт визначення (R^2) = $0,0128$

Роки: Кількість бур'янів, шт: $y = 2670.5957 - 1.3014 * x$;

$r = -0,4915$, $p = 0,00000$, $R^2 = 0,2416$

Джерело даних: [3, 4, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 57, 80, 82, 104, 120, 176, 206, 228, 246].

Рис. 3.1. Динаміка кількості та різноманіття бур'янів на посівах зернових культур в континентальній частині України

Зміни у чисельності та видовому складі бур'янів проявилися вже у 2010 році та співпали з початком інтенсифікації сільськогосподарського виробництва в Україні [77, 199]. У цей період спостерігалось загальне зниження поширеності бур'янів у посівах культур, що було пов'язано з розширенням доступу

українських агровиробників до світового ринку гербіцидів, активним просуванням цих препаратів виробниками, посиленням технологічної інтенсифікації землеробства та прагненням господарств до підвищення врожайності культур [82].

Хоча різноманіття бур'янів змінювалося з часом, усі види культур переважно були заселені невеликою кількістю видів: *Cirsium arvense* (L.) Scop.; *Elymus repens* (L.) Gould; *Convolvulus arvensis* L.; *Sonchus arvensis* L.; *Stellaria media*; *Chenopodium album* L.; *Polygonum aviculare* L.; *Galium aparine* L.; та *Amaranthus retroflexus* L. [46, 61, 248]. Види з найбільшим поширенням варіювалися в різні періоди. За даними *Baessler i Klotz* (2006), найпоширенішими бур'янами в період до 1991 року були *Stellaria media* (3,33%), *Chenopodium album* (1,55%) та *Polygonum aviculare* (1,38%) [51]. У 1980-х роках найбільш поширеним видом був *Galium aparine* (4,34 %); за даними *Рябчука* (2009), далі за поширеністю йшли *Chenopodium album* (2,26 %) та *Stellaria media* (1,76 %) [23].

За даними *Фрімена і Лутмана* (2004), найнижчий рівень охоплення було досягнуто з 2000–х років. Види з найбільшим поширенням були обмежені *Chenopodium album* (0.70%), *Polygonum convolvulus* (0.44%), *Polygonum aviculare* (0.42%) та *Cirsium arvense* (0.52%) [106]. Проте спостерігалось помітне зростання кількості видів із надзвичайно низьким середнім покриттям [3]. Насправді 75% видів мали середній покрив менше 0,05%. Більшість із цих видів були поширеними сільськогосподарськими бур'янами, зокрема *Hyoscyamus niger* L., *Knautia arvensis* (L.) Coult., та *Sherardia arvensis* L. [51], а також *Adonis aestivalis* L., *Anthemis arvensis* L. та *Scleranthus annuus* L. Однак у матеріалах поточного дослідження ці види вже не були зафіксовані, що дає підстави вважати їх рідкісними або такими, що зникли на території материкової України. Водночас унаслідок появи нових видів із різних екологічних середовищ сформувалися нові екологічні ніші. Ці види, зокрема *Cuscuta campestris* L., *Solidago canadensis* L., *Asclepias syriaca* L., *Lepidium ruderale* L., *Lysimachia nummularia* L. та *Tanacetum vulgare* L. увійшли в нові території через поширення насіння та використання органічних добрив [1, 222]. Крім того, впровадження більш справедливої

стратегії боротьби з бур'янами в останні роки відіграло значну роль у майже повному знищенні цих видів із біорізноманіття бур'янів регіону.

Зміни в охопленні кількох видів, найбільш типових для регіону, суттєво змінилися протягом досліджуваного періоду (табл. 3.1). Хоча поширеність 16 видів зменшилася, а двох — значно зросла, лише у п'яти видів спостерігалися істотні коливання їх частки у період з 1973 по 2023 рік. Типові види бур'янів, які показали дуже помітне скорочення, були: *Consolida regalis* Gray; *Mentha arvensis* L.; *Silene noctiflora* L. та *Thlaspi arvense* L. Натомість *Amaranthus retroflexus* і *Veronica polita* Fr. мали значне збільшення покриття.

Таблиця 3.1

Види бур'янів із помітними змінами середнього покриття (середнє значення шкали бур'янів [111] для всіх полів між періодами

Вид	До 1990 року	1991–2009	2010 – дотепер
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	0.00	0.66	1.83
<i>Amarantus albus</i>	0.00	0.01	0.16
<i>Ambrósia artemisiifólia</i>	0.00	0.09	0.23
<i>Anisantha tectorum</i>	0.06	0.08	0.07
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	0.49	0.00	0.00
<i>Atriplex tatarica</i> L.	0.23	0.21	0.07
<i>Bromus squarrosu</i>	0.07	0.06	0.06
<i>Buglossoides arvensis</i> (L.) I.M.Johnst.	0.21	0.01	0.01
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	0.42	0.08	0.05
<i>Centaurea cyanus</i> L.	0.98	1.01	0.89
<i>Chenopodium album</i> L.	2.26	2.33	1.38
<i>Cirsium arvense</i>	2.15	2.35	2.31
<i>Convolvulus arvensis</i>	1.98	1.85	1.71
<i>Consolida regalis</i>	1.09	0.03	0.04
<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl	0.39	0.03	0.16
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0.68	1.01	1.35
<i>Elymus repens</i>	2.11	1.89	2.01

Вид	До 1990 року	1991–2009	2010 – дотепер
<i>Equisetum arvense</i> L.	1.54	1.23	1.64
<i>Euphorbia esula</i>	0.02	0.00	0.00
<i>Euphorbia exigua</i>	0.48	0.04	0.04
<i>Euphorbia antiquorum</i> L.	0.20	0.08	0.03
<i>Fumaria officinalis</i> L.	0.22	0.24	0.21
<i>Galium aparine</i>	0.21	3.74	0.40
<i>Iva xanthiifolia</i> Nutt.	0.22	0.11	0.23
<i>Lactuca serriola</i> L.	0.11	0.15	0.13
<i>Lactuca tatarica</i> (L.) C. A. Mey.	0.25	0.36	0.11
<i>Lamium amplexicaule</i> L.	0.36	0.14	0.01
<i>Méntha arvensis</i>	1.18	0.07	0.08
<i>Orobanche cumana</i> Wallr.	0.16	0.03	0.04
<i>Plantago intermedia</i>	0.00	0.06	0.00
<i>Polygonum aviculare</i> L.	0.45	0.49	0.32
<i>Polygonum convolvulus</i>	0.95	1.25	0.56
<i>Papaver rhoeas</i>	0.59	0.03	0.33
<i>Setaria glauca</i>	0.60	0.66	0.97
<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv.	0.23	0.11	0.12
<i>Silene noctiflora</i> L.	0.33	0.21	0.02
<i>Sinapis arvensis</i>	0.63	0.17	0.00
<i>Sisymbrium loeselii</i>	0.08	0.09	0.04
<i>Sonchus arvensis</i>	1.98	2.56	1.86
<i>Sonchus oleraceus</i>	0.39	0.22	0.02
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	3.43	1.76	0.55
<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Weber ex F.H.Wigg.	0.09	0.06	0.07
<i>Thlaspi arvense</i> L.	0.25	0.02	0.00
<i>Veronica hederifolia</i> L.	0.99	0.18	0.00
<i>Veronica polita</i> Fr.	0.00	0.18	0.35
<i>Veronica spicata</i> L.	0.40	0.00	0.00

Джерело даних: [3, 4, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 57, 80, 82, 104, 120, 176, 206, 228, 246].

Біорізноманіття бур'янів зазнало змін у відповідь на зміни в управлінні сільським господарством та загальній урядовій аграрній політиці. За останні кілька десятиліть спостерігається помітне зниження середньої кількості видів бур'янів і їхнього покриття за описом, особливо для звичайних бур'янів. Різноманітність видів на орних полях насамперед залежить від складності ландшафтної матриці та розміру ділянки, а також кількості меж полів [48, 103]. Крім того, інтенсивність землекористування, зокрема застосування мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин, відіграла важливу роль. Ці процеси були тісно пов'язані з колективізацією та подальшою інтенсифікацією сільського господарства [100, 104, 150, 200].

Незважаючи на суттєві зміни в структурі господарств, такі як збільшення кількості ферм і зменшення розміру окремих ферм, спричинені змінами в аграрній політиці після 1990 року, за останні два періоди до сьогодні відбулися лише незначні зміни в структурі полів [229]. У цей період численні великі спільні поля були поділені на менші ділянки. Однак з 2000-х років відбувається поступова консолідація, оскільки великі селянські господарства почали використовувати акції.

3.1.2 Сучасний стан агробіорізноманіття бур'янів у посівах кукурудзи

В Україні, особливо в її континентальній частині спостерігається поширеність помірного та надмірного поширення бур'янів у польових культурах (90–98%) [193-194]. Цей високий рівень присутності бур'янів, з щільністю 15 і більше рослин/м², призвів до зниження врожаю на 20% і більше [120]. Забур'яненість агроценозів визначається численними факторами: постійним відбором конкретних видів бур'янів та модифікаціями у сільському господарстві (включно з сівозміною); методи обробки ґрунту; застосування сільськогосподарських гербіцидів; та технологічні аспекти вирощування сільськогосподарських культур [26, 143, 230, 231]. Бур'яни дійсно є стійкими елементами агрофітоценозів і необроблених територій. За результатами досліджень, що охоплюють період з 1975 по 2025 роки, задокументовано понад 700 видів бур'янів, поширених на більшості сільськогосподарських угідь України. З цих видів приблизно 30 були первинними бур'янами, відповідальними за значні втрати врожаю і були присутні майже на всіх сільськогосподарських полях та на необроблених землях. Основні види бур'янової рослинності – 75–225 видів – може завдавати різного ступеня шкоди сільськогосподарським культурам, багаторічним культурам, сінокосам і пасовищам [234]. За статистичними даними, середні щорічні втрати врожаю, спричинені забур'яненістю посівів, оцінювалися на рівні 12,3–16,5 % [159]. Відповідно, гербіциди були застосовані майже на 13,9 мільйона га сільськогосподарських земель в Україні. Наявність гербіцидів була особливо актуальною там, де застосовувалися інтенсивні технології [236]. Наприклад, під час вирощування озимої пшениці норми застосування гербіцидів іноді досягають 6–10 кг/га, для кукурудзи та цукрових буряків — до 12–16 кг/га, тоді як у овочевих культурах цей показник може сягати 45–50 кг/га. У плодкових насадженнях гербіцидне навантаження інколи досягає 165 кг/га [27]. За останніми даними, станом на 19 жовтня 2023 року сільськогосподарські культури були захищені від шкідників,

хвороб і бур'янів на загальній площі 37,4 мільйона га [194]. Розподіл площ обробок був таким: бур'яни = 17,0 мільйона га; хвороби = 9,3 мільйона га; та шкідники = 9,4 мільйона га [194].

Бур'яни, які зазвичай домінують у культурах, потребують майже однакових умов росту та розвитку з вирощеною культурою. Розроблення ефективних систем регулювання чисельності бур'янів у посівах і мінімізації втрат урожаю потребує всебічного розуміння адаптивних механізмів та реакцій бур'янів на агротехнологічні прийоми і застосування гербіцидів [61]. Вирішення цього питання вимагає використання ретроспективних порівнянь сільськогосподарських систем на різних етапах їх розвитку. Варто зауважити, що за останні два десятиліття відбулися значні та трансформаційні зміни у чинниках, які впливають на ріст агробіорізноманіття. Насамперед це стосується організації землекористування, конфігурації оброблюваних площ, запровадження короткоротаційних сівозмін, застосування мінімального обробітку ґрунту, скорочення кількості технологічних операцій та обмеженого використання органічних добрив [10, 61]. Протягом минулого століття розвиток сільського господарства пережив кілька перехідних етапів, спрямованих на реструктуризацію підходу до використання землі [225]. Перші урядові рішення щодо важливої ролі кукурудзи у сівозмінах простежуються з початку 1930-х років. Проте значне розширення площ її вирощування відбулося лише наприкінці 1950-х років. У цей період сформувалася дискусія між двома протилежними підходами до підтримання родючості ґрунтів: концепцією «трав'яних полів», яка передбачала вирощування багаторічних трав для збереження родючості ґрунту, та мінеральною концепцією, що ґрунтувалася на використанні мінеральних добрив як основного засобу регулювання родючості [56, 246]. У 1990-х роках відбулося неконтрольоване скорочення площ під кормовими культурами, водночас спостерігалось значне розширення посівів кукурудзи, що призводило до виникнення екологічних ризиків [5, 6, 30, 246]. За

останні два десятиліття площа земель, відведених під вирощування кукурудзи, зросла з 10–12% до 34–37%, тоді як площа вирощування кормових культур зменшилася з 29–35% до 4–6% у загальному розподілі орних земель [33]. Значна частка просапних культур, зокрема кукурудзи та соняшнику, які займали понад 50 % площ орних земель, стала ключовим чинником формування траєкторії розвитку сільського господарства. Унаслідок цього відбулося значне поширення бур'янів і посилення їх негативного впливу на продуктивність посівів. Бур'янові фітоценози, сформовані у 1957–1968 роках, були наслідком функціонування сільськогосподарської системи, що ґрунтувалася переважно на структурі посівів із домінуванням культур суцільного способу сівби та низькому рівні застосування гербіцидів [149, 246]. Відповідно, *Kraehmer (2016)* повідомив про поширеність бур'янів, таких як *Setaria glauca* (96%), *Amarantus albus* (85%), *Chenopodium album* (72%) та *Polygonum convolvulus* (57%) [119]. Між 1980 і 1984 роками зростання використання просапних культур, таких як кукурудза та соняшник, а також впровадження нових гербіцидів, що містять атразин і ерадікан у мінеральних оліях, спричинили зміни у способі розвитку бур'янів у культурних рослинах. Наприклад, *Echinochloa gruss-galli* та *Amarantus retroflexus* зазнали суттєвих змін у фітоценозі: поширеність цих небажаних рослин на сільськогосподарських полях значно зросла з 51% до 92% [126], що можна пояснити підвищеною стійкістю до гербіцидів, що робить їх менш вразливими до знищення [175]. Поточне дослідження зафіксувало подібні закономірності, що співпадає з значним зменшенням популяції *Amarantus albus* та *Chenopodium album* (рис. 3.2.).

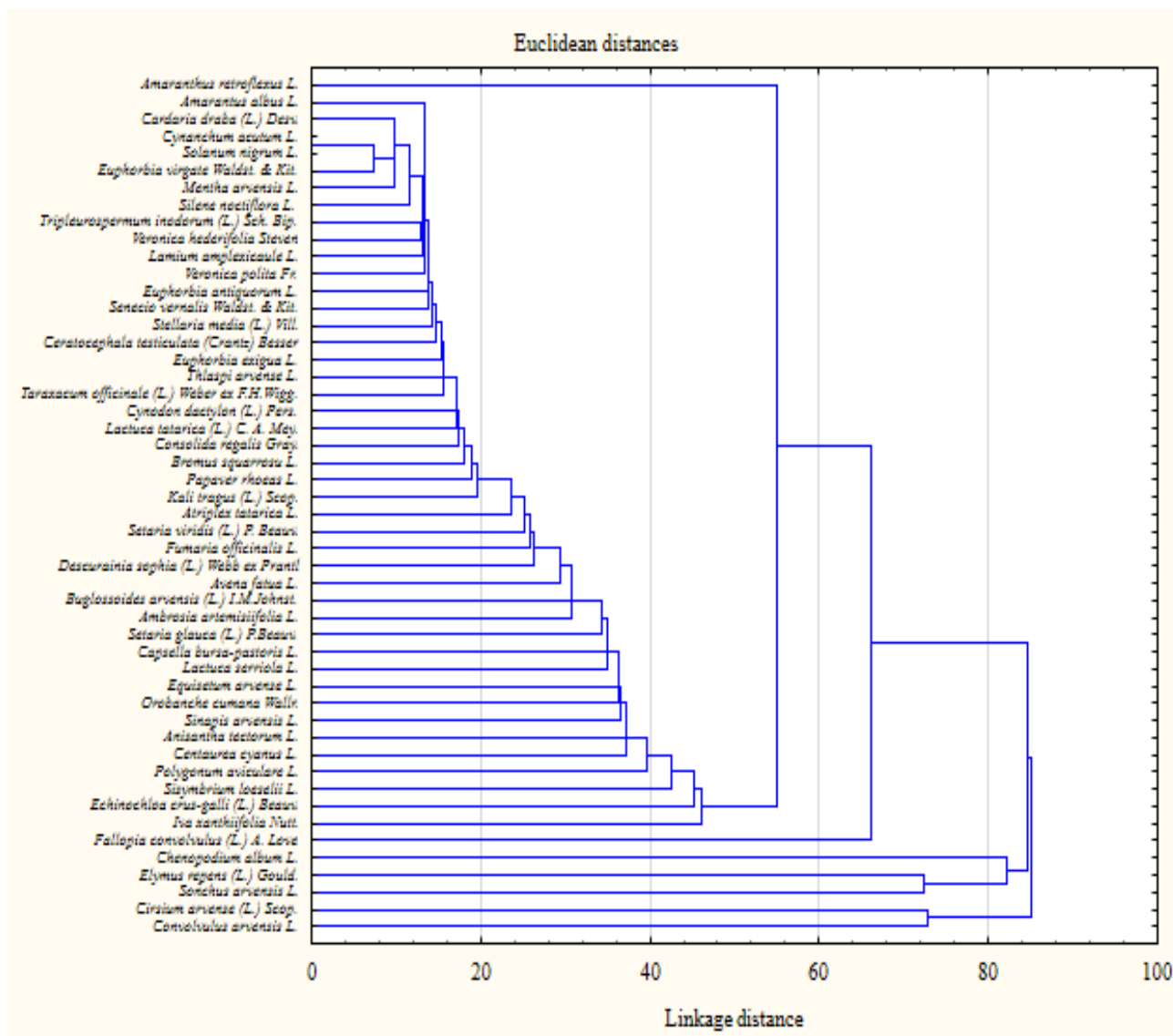


Рис. 3.2. Кластерна дендрограма поширення найпоширеніших бур'янів у континентальній частині України

Як показано на рис. 3.2, на одному полі групи бур'янів зазвичай складаються з 17–26 видів, хоча в окремих випадках їх може бути значна кількість (53–200 видів). Відмінності у видовому складі, поширенні та шкідливості бур'янів у агрофітоценозах континентального регіону України можна пояснити різноманітними ґрунтовими та кліматичними умовами. Проведений аналіз показав, що середня різноманітність видів у досліджених полях становила 18,75 видів (8–49 видів), а середнє різноманіття видів – 4,31 (2,01–5,99). В угрупованнях бур'янів домінуючими були дводольні рослини, які становили 89% від загальної кількості. Більшість видів склалися з зимуючих

бур'янів (43%), тоді як літні бур'яни становили лише 16%. Широко визнано, що молоді бур'яни мають різний рівень сумісності з різними культурами під час сівозміни, і тому культури мають різноманітний вплив на бур'яни [239, 215, 246]. Незалежно від вирощуваної культури, усі нині досліджені поля мали чотири види бур'янів: *Ci. arvense*, *E. repens*, *C. arvensis* та *S. arvensis*.

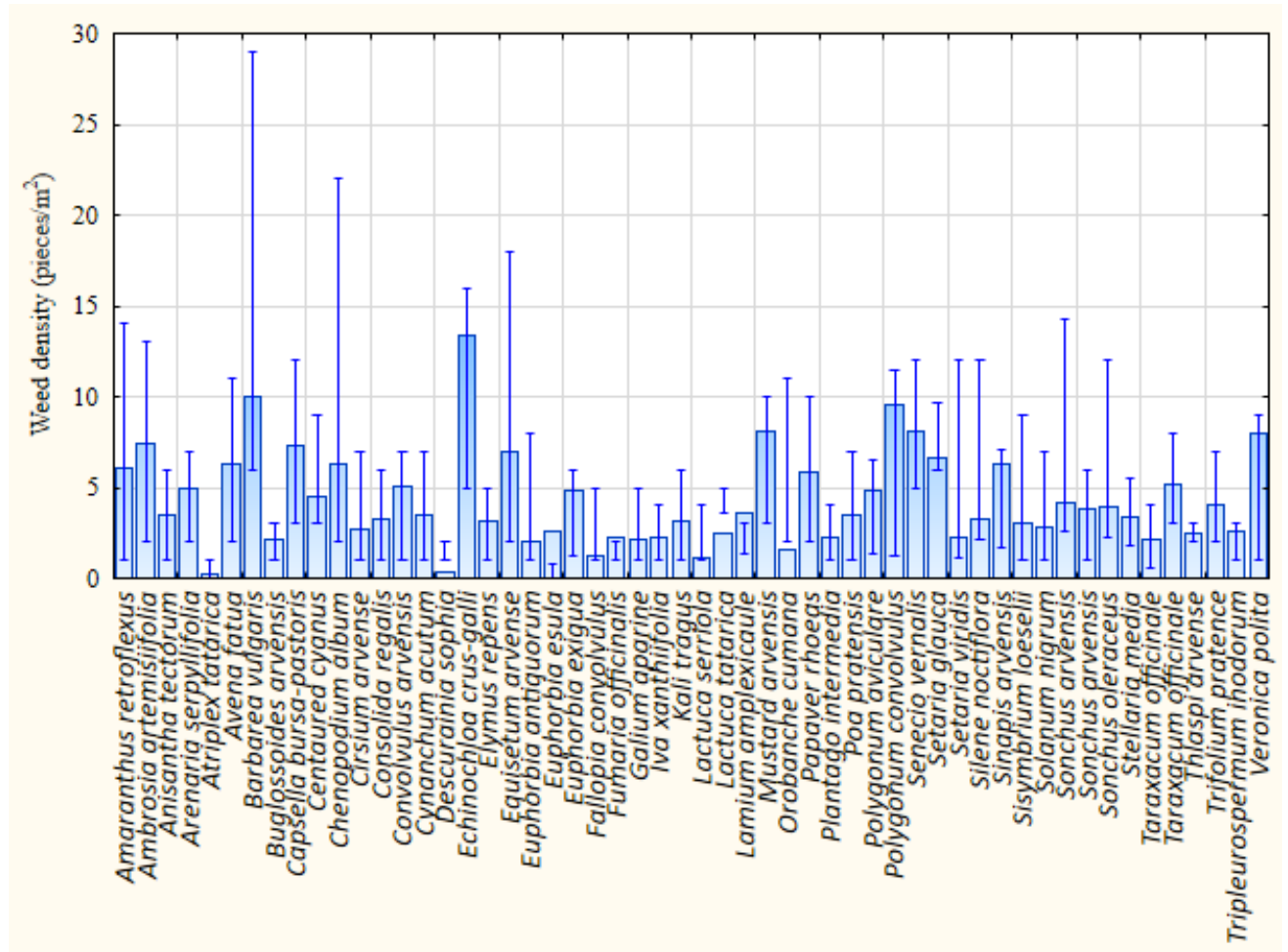


Рис. 3.3. Найпроблемніші бур'яни в континентальній частині України та їхня щільність, згідно з опитуваннями фермерів, де похибки показують середнє \pm SD. $P \leq 0,05$

За їхньою часткою в групі бур'янів, *Ci. arvense*, *E. repens*, *Co. arvensis* та *S. arvensis* суттєво вплинуло на озиму пшеницю, оскільки це була найактивніша частина бур'янів. Без винятку всі поля озимої пшениці містили ці види, середня кількість за період зростання становила 30–40 одиниць/м², тоді як проєктивне покриття та площа ґрунту становили відповідно 16% і 9% (рис. 3.3).

За результатами дослідження встановлено спільний видовий склад бур'янів для всіх досліджених регіонів континентальної частини України. Ці види були найбільш поширеними в агрофітоценозах основних сільськогосподарських культур (озимої пшениці, соняшнику та кукурудзи), а також на необроблюваних землях. Однак існували варіації в їхньому ранжуванні за частотою та кількістю на різних культурах і необроблюваних землях, які суттєво відрізнялися між різними агрофітоценозами.

Основні види бур'янів, які часто зустрічалися в різних агрофітоценозах та на необроблених землях, були ідентифіковані на основі масштабних польових експериментів і досліджень, проведених у період з 2022 по 2023 роки. Крім того, були проаналізовані закономірності їхнього розподілу та розроблені стратегії контролю для конкретних регіонів.

Під час опитувань фермери континентальної частини України зазначили, що серед зимуючих бур'янів, найбільш проблемними для зернових культур, з високим рівнем поширеності є такі: *Ci. arvensis* (17,8 штуки/м²), *E. repens* (3,1 штуки/м²), *Co. arvensis* (5,1 штуки/м²), *S. arvensis* (3,8 штуки/м²), *Ci. arvensis* (2,7 штуки/м²), *Capsella bursa-pastoris* L. (7,3 штуки/м²), *Mustard arvensis* L. (8,1 штуки/м²), *C. album* L. (6,3 штуки/м²), *A. retroflexus* (6,1 штуки/м²), соняшник (*Co. arvensis*) (3,3 штуки/м²), *E. crus-galli* (13,4 штуки/м²), *Ci. arvensis* (4,5 штуки/м²) та *E. repens* (2,5 штуки/м²), як показано на рис. 3.3.

Вторинні види з частотою поширення до 50% і чисельністю в діапазоні 1,0–17,3 одиниці/м² були: *Poa pratensis* L.; *Fallopia convolvulus* (L.) A. Love; *Trifolium pratense* L.; *Kali tragus* (L.) Scop.; *Solanum nigrum* L.; *Taraxacum officinale* L.; *Amaranthus albus* L.; *Senecio vernalis* Waldst. & Kit.; *Avena fatua* L.; *Ambrosia artemisiifolia* L.; *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.; та *Cynanchum acutum* L.

За останній період у всіх агрофітоценозах континентальної частини України частка багаторічних бур'янів, таких як *Co. arvensis*, *Ci. arvensis*, *Lactuca tatarica* і *Silybum marianum* зростає з 6–9 до 26–31% у загальній забур'яненості врожаїв. Для порівняння, зниження з 12–14 до 1–3% за: *Euphorbia virgata* Waldst.

& Kit.); пирій повзучий (*Elymus repens* (L.) Gould.); хрінниця крупковидна (*Cardaria draba* (L.) Desv.); та свинорій пальчастий (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). Спостерігалось зростання впливу однорічних видів, таких як *Ambrosia artemisiifolia* L. та *Iva xanthiifolia* Nutt. – від 0,5% до 18–63% або більше. Крім того, спостерігалось зростання впливу бур'янів у посівах озимої пшениці, таких як *Anisantha tectorum* L. та *Veronica hederifolia* Steven.

У фітоценозах необроблених земель, як за частотою поширення (98–100%), так і за чисельністю (60–1 600 одиниць/м²) поширеними видами були: *P. aviculare* L.; *Ambrosia artemisiifolia* L.; *Atriplex tatarica* L.; та *Capsella bursa-pastoris* L.

Останніми роками види з високою продуктивністю насіння почали домінувати в бур'янових угрупованнях необроблюваних земель: *Ambrosia artemisiifolia* L.; *A. retroflexus* L.; *C. album* L.; та *Iva xanthiifolia* Nutt.. Окрім цих видів, раніше вторинні та нові бур'яни стають більш поширеними: хондрила коротконоса (*Chondrilla brevirostris* Fisch. & C. A. Mey); ценхрус довгоголковий (*Cenchrus longispinus* (Hack.) Fernald); мишій Фабера (*Setaria faberi* F. Herrmann); та злинка однорічна (*Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort).

Деякі види, зокрема *Amaranthus retroflexus* L. та *Chenopodium album* L., були повсюдно поширені й траплялися у посівах як зернових, так і просапних культур. Водночас необроблювані землі слугували потенційним джерелом появи та подальшого поширення нових видів бур'янів в агрофітоценозах.

Опитування фермерів, проведене у 2023 році, показало, що різноглибинний обробіток ґрунту та обприскування посівів гербіцидами восени або на початку весни були найпоширенішими й найефективнішими методами контролю бур'янів. Для десяти найпоширеніших видів бур'янів у агрофітоценозах зернових культур ці заходи зазвичай поєднували з глибоким обробітком ґрунту, двома передпосівними культивуваннями та застосуванням ґрунтових гербіцидів до або після сівби.

На необроблюваних землях для контролю бур'янів переважно застосовували одно- або дворазове скошування у фазах бутонізації та цвітіння, або використовували гербіциди суцільної дії.

3.2 Ґрунтове середовище як базовий екологічний модератор агроценозу кукурудзи

Ґрунтове середовище є фундаментальним абіотичним компонентом агроекосистеми, який визначає напрям формування агроценозу кукурудзи, характер конкурентних взаємодій між культурою та бур'янами, а також ефективність реалізації агроекологічних стратегій управління фітоценотичним компонентом. У межах даного дослідження ґрунт розглядається не як пасивний агрохімічний фон, а як активний екологічний модератор, через який опосередковується дія технологічних чинників – системи обробітку ґрунту, густоти посіву та рівня хімічного контролю.

Перед початком польового експерименту проведено комплексну оцінку ґрунтових умов дослідної ділянки на основі аналізу ґрунтового профілю та фізико-хімічних властивостей орного шару. Ґрунт класифіковано як ясно-сірий лісовий глеюватий середньосуглинковий на суглинкових відкладах, що відповідає типу Gleic Albic Luvisol (Endoclayic, Cutanic, Differentic, Katogleyic, Ochric) за класифікацією IUSS WRB (2022) [253] (Рис. 3.4).

Такі ґрунти є типовими для континентальної зони Полісся та характеризуються елювіально-ілювіальною диференціацією профілю, підвищеною кислотністю та періодичними проявами оглеєння, що має істотне значення для формування сегетальної флори.

Фізико-хімічні властивості ґрунту дослідних ділянок за різних систем обробітку наведено в таблиці 3.4. Ґрунти дослідних ділянок характеризувалися слабокислою реакцією ґрунтового розчину (рН 4,53–4,71), що виступає важливим селективним екологічним фільтром. За таких умов знижується доступність окремих поживних елементів і водночас створюються передумови для розвитку ацидофільних і мезофільних видів бур'янів.


Схема ґрунтового розрізу	Індекси та межі генетичних горизонтів	Морфологічний опис генетичних горизонтів: <i>колір, гранулометричний склад, структура, щільність, склад, вологість, новоутворення, включення, характер переходу</i>
	$He_{location} \frac{0 - 6}{6}$	гумусово-елювіальний, сірий, середньосуглинковий, грудочкувато-зернистий, свіжий, ущільнений, густо пронизаний коренями рослин, перехід до наступного горизонту чіткий по глибині обробітку
	$Not_{location} \frac{6 - 25}{19}$	елювіально-ілювіальний слабогумусований, бурувато-білесий з чіткими різної величини і форми сірими плямами, легкосуглинковий, пороховидно-грудочкуватий, рихлий, свіжий, червоточини і кореневі ходи, перехід до наступного горизонту поступовий
	$Ei(h) \frac{25 - 40}{15}$	ілювіальний, буруватий з темно-бурими плямами, важкосуглинковий, горіхувато-призмоподібний, щільний, мокрий, гумусований матеріал по червоточинах і кореневих ходах, перехід до наступного горизонту поступовий
	$I \frac{40 - 89}{49}$	ілювійована частина материнської породи, буруватий з сизими плямами, середньосуглинковий, горіхувато-зернистий, ущільнений, мокрий, по червоточинах гумусований матеріал, сизі плями оглеєння, поодинокі кореневі ходи, перехід до наступного горизонту поступовий
	$Ri_{gl} \frac{89 - 115}{26}$	оглеєна материнська порода, світло-бурий з великими сизими і чорними точковими плямами оглеєння, середньосуглинковий, грудкувато-плитчастий, щільний, мокрий, грубоуламковий окатаний матеріал, поодинокі кореневі ходи, перехід до наступного горизонту чіткий за кольором
	$P_{gl} \frac{115 - 133}{18}$	глейовий горизонт, сизий з локальними іржавими і чорними точковими плямами, важкосуглинковий, безструктурний, щільний, мокрий
	$Gl \frac{133 - 145}{12}$	гумусово-елювіальний, сірий, середньосуглинковий, грудочкувато-зернистий, свіжий, ущільнений, густо пронизаний коренями рослин, перехід до наступного горизонту чіткий по глибині обробітку

Рис. 3.4. Ґрунтовий розріз

Назва ґрунту згідно європейської класифікації WRB (2022) [253] Gleic Albic Luvisol (Endoclayic, Cutanic, Differentic, Katogleyic, Ochric)

Для кукурудзи це означає підвищену залежність конкурентоспроможності культури від біологічних і просторових механізмів (щільного листкового покриву посіву, змикання міжрядь), а не лише від рівня забезпечення елементами живлення.

Показники органічної речовини (вміст органічного вуглецю та гумусу) свідчать про помірний рівень біологічної стабільності ґрунту, типовий для орних ґрунтів Полісся з тривалим сільськогосподарським використанням. Такий стан ґрунтового органічного пулу забезпечує функціонування ґрунтової біоти та підтримує відносно стабільний банк насіння бур'янів, що зумовлює потенційно високу реакцію сегетальної флори на зміни агроекологічних умов.

Забезпеченість ґрунту лужногідролізованим азотом відповідала середньому рівню, тоді як вміст рухомого фосфору та обмінного калію був підвищеним. Це формує ресурсно ненасичене, але функціонально конкурентне середовище, у якому вирішальним чинником стає не абсолютна кількість доступних ресурсів, а їх перехоплення у часі. У таких умовах ранній старт росту бур'янів може забезпечувати їм конкурентні переваги, що підсилює значення системи обробітку ґрунту та густоти посіву як інструментів екологічної регуляції.

Вміст мікроелементів, зокрема заліза, характеризувався високою просторовою мінливістю, особливо на ділянках із дискуванням. Це пов'язано з особливостями водного режиму та проявами оглеєння, що формують ґрунтову мозаїчність і, відповідно, неоднорідність умов для розвитку рослин. Така мозаїчність створює локальні екологічні ніші, у межах яких окремі види бур'янів можуть отримувати переваги незалежно від загального агротехнічного фону.

Показники гідролітичної кислотності, суми поглинутих основ і ступеня насичення основами свідчать про відносно стабільний стан катіонно-обмінного комплексу ґрунту за умов помірної кислотності. Це забезпечує певну буферність ґрунтового середовища, але не нівелює вплив технологічних чинників, що дозволяє чітко простежувати екологічну реакцію агроценозу на різні системи управління (табл. 3.2).

Таблиця 3.2.

Фізико-хімічні властивості ґрунту дослідних ділянок за різних систем обробітку

Показник	S1 (глибока оранка)	Cv, %	S2 (дискування)	Cv, %	S3 (фрезерування)	Cv, %
pH (H ₂ O)	4,71±0,39	8,38	4,71±0,71	15,17	4,53±0,43	9,51
Органічний вуглець (SOC), %	0,97±0,3	31,17	1,1±0,3	27,41	1,03±0,32	31,05
Гумус, %	1,68±0,52	31,20	1,9±0,52	27,43	1,78±0,55	31,02
Лужногідролізований азот, мг·кг ⁻¹	75,64±14,4	19,04	77,05±5,41	20,03	76,28±3,4	17,57
Рухомий фосфор (P ₂ O ₅), мг·кг ⁻¹	161,13±9,33	57,92	143,9±7,63	47,02	139,21±5,84	37,95
Обмінний калій (K ₂ O), мг·кг ⁻¹	107,38±12,19	39,29	96,95±6,04	65,03	108,62±5,51	48,34
Залізо рухоме (Fe), мг·кг ⁻¹	5,04±1,52	49,99	9,3±1,63	125,08	6,92±4,82	69,69
Мідь рухома (Cu), мг·кг ⁻¹	0,18±0,05	30,64	0,19±0,07	37,22	0,17±0,05	28,89
Цинк рухомий (Zn), мг·кг ⁻¹	0,85±0,37	43,56	0,86±0,07	54,79	0,86±0,04	109,82
Гідролітична кислотність, ммоль·100 г ⁻¹	2,74±0,52	18,83	2,95±0,43	35,11	3,27±0,76	23,17
Сума поглинутих основ, ммоль·100 г ⁻¹	5,73±1,98	34,58	6,37±3,57	56,04	5,77±1,93	33,49
Ступінь насичення основами, %	65,74±6,3	16,73	63,66±18,39	28,89	62,11±11,86	19,11

Коефіцієнти варіації для більшості показників перебували в межах середніх і високих значень, що підтверджує екологічну неоднорідність ґрунтового середовища. Така неоднорідність є важливою передумовою формування просторово структурованих бур'янових угруповань і зумовлює необхідність розгляду агроценозу кукурудзи як мозаїчної системи, чутливої до змін екологічних умов.

Отже, ґрунтові умови дослідних ділянок формують екологічно лабільну агроєкосистему, у якій ефективність контролю бур'янів визначається не інтенсивністю окремих агротехнічних заходів, а їх здатністю змінювати екологічні ніші сегетальної флори та конкурентний баланс «культура–бур'яни». Саме в таких ґрунтово-екологічних умовах стає можливим виявлення біологічних механізмів регуляції бур'янів, результати аналізу яких подано в наступних розділах дисертації.

Висновок до розділу 3.

Розділ 3 присвячений аналізу агроєкологічних передумов формування агроценозів кукурудзи в умовах континентальної зони України. У центрі уваги – взаємодія ґрунтового середовища, культури та сегетальної флори як взаємопов'язаних компонентів єдиної агроєкосистеми. У межах розділу агроценоз кукурудзи розглядається як динамічна екологічна система, структура і функціонування якої визначаються поєднанням історично сформованих бур'янових угруповань, властивостей ґрунтового середовища та біологічних особливостей культури. Такий підхід дозволяє перейти від опису окремих факторів до розуміння механізмів їхньої спільної дії, що є необхідним для обґрунтування агроєкологічних стратегій управління бур'янами.

Цей історичний нарис утворення угруповань бур'янів у агроценозах на континентальній Україні використовував три важливі часові періоди. До 1990 року середня кількість видів бур'янів помітно зменшувалася. Кількість бур'янів найбільше зросла з 1991 по 2010 рік, що відповідало розпаду державної підтримки сільського господарства з боку СРСР, через що багато

сільськогосподарських підприємств не мали фінансових ресурсів на купівлю гербіцидів і тому удобрювали культури органічними добривами власного виробництва, що також сприяло поширенню бур'янів і збільшенню щільності бур'янів з 1985 по 2015 рік. Після 2010 року чисельність бур'янів і склад видів зменшився після того, як українські фермери отримали доступ до світових ринків, виробники гербіцидів розпочали інформаційні кампанії, а сільськогосподарське виробництво стало більш науковим (застосовувалися складні агротехнічні заходи). З 1975 року і до сьогодні поточний проєкт виявив приблизно 700 видів бур'янів у ключових сільськогосподарських районах України, хоча лише близько 30 видів спричинили значні втрати врожаю. Майже всі сільськогосподарські та необроблені землі включали ці бур'яни, а решта 75–225 видів впливали на сільськогосподарські культури, багаторічні культури, сінокоси та пасовища. Хоча біорізноманіття бур'янів коливалося, але домінували: *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Elymus repens* (L.) Gould, *Convolvulus arvensis* L., *Sonchus arvensis* L., *Galium aparine* L., *Galium aparine* L., *Polygonum aviculare* L., *Galium aparine* L. та *Amaranthus retroflexus* L.

Таким чином, сучасні бур'янові угруповання в посівах кукурудзи є результатом тривалої історії антропогенного впливу та екологічного відбору. Проте реалізація цього спадкового флористичного потенціалу відбувається в конкретних ґрунтових умовах, які виступають базовим абіотичним фільтром агроєкосистеми. У зв'язку з цим подальший аналіз зосереджено на характеристиці ґрунтового середовища як ключового екологічного модератора формування агроценозу кукурудзи.

РОЗДІЛ 4. БІОЛОГІЧНА РЕАКЦІЯ КУКУРУДЗИ НА АГРОЕКОЛОГІЧНІ СТРАТЕГІЇ

4.1 Фенологічний розвиток кукурудзи за різних поєднань агроекологічних факторів

Для оцінки впливу системи обробітку ґрунту (F1), густоти посіву (F2) та застосування гербіцидів (F3) на фенологічний розвиток кукурудзи застосовано трифакторний експериментальний дослід із трьома повторностями кожної комбінації факторів (S×H×A). Площа дослідів становила 1 га, яку було поділено на 12 варіантів. Така структура дозволила мінімізувати експериментальну похибку та забезпечити статистичну достовірність дисперсійного аналізу.

Упродовж вегетаційного періоду здійснювали календарне спостереження за основними фенологічними фазами: *SeedGerm* → *Sprout* → *3rd leaf* → *Tillering* → *5th leaf* → *7th leaf* → *9th leaf* → *Tube emergence* → *Throwing out the panicle* → *Flowering* → *Milky ripeness* → *Wax ripeness* → *Full ripeness* (Додаток Б).

На основі середніх значень трьох повторностей побудовано три аналітичні візуалізації.

На рис. 4.1 наведено криві середніх термінів настання фенологічних фаз у днях від сівби. На ранніх етапах (сходи → кущіння) різниця між варіантами становила лише 1–3 дні, тобто швидкість проростання та формування листків майже не залежала від агроприйомів. Однак із фази 7-го листка (TubEmerg) спостерігається поступове розходження кривих. Варіанти S1H2A2 (глибока оранка, без гербіцидів, підвищена густина) демонстрували найповільніший розвиток: затримка фаз ThrowPanic–FullRip становила 7–10 днів порівняно з S2H1A2 або S3H1A1. Варіанти S2H1A2 і S3H1A1, де поєднуються помірні інтенсивність обробітку з гербіцидним захистом, характеризувалися найшвидшим фенологічним розвитком – від TubEmerg до FullRip тривалість скорочувалася до 127–128 днів проти 135–136 у контрольних. Відмінності між S₂ та S₃ свідчать, що зменшення глибини обробітку (до 5–7 см) не уповільнює, а

іноді навіть прискорює розвиток через краще збереження вологи у верхньому горизонті ґрунту.

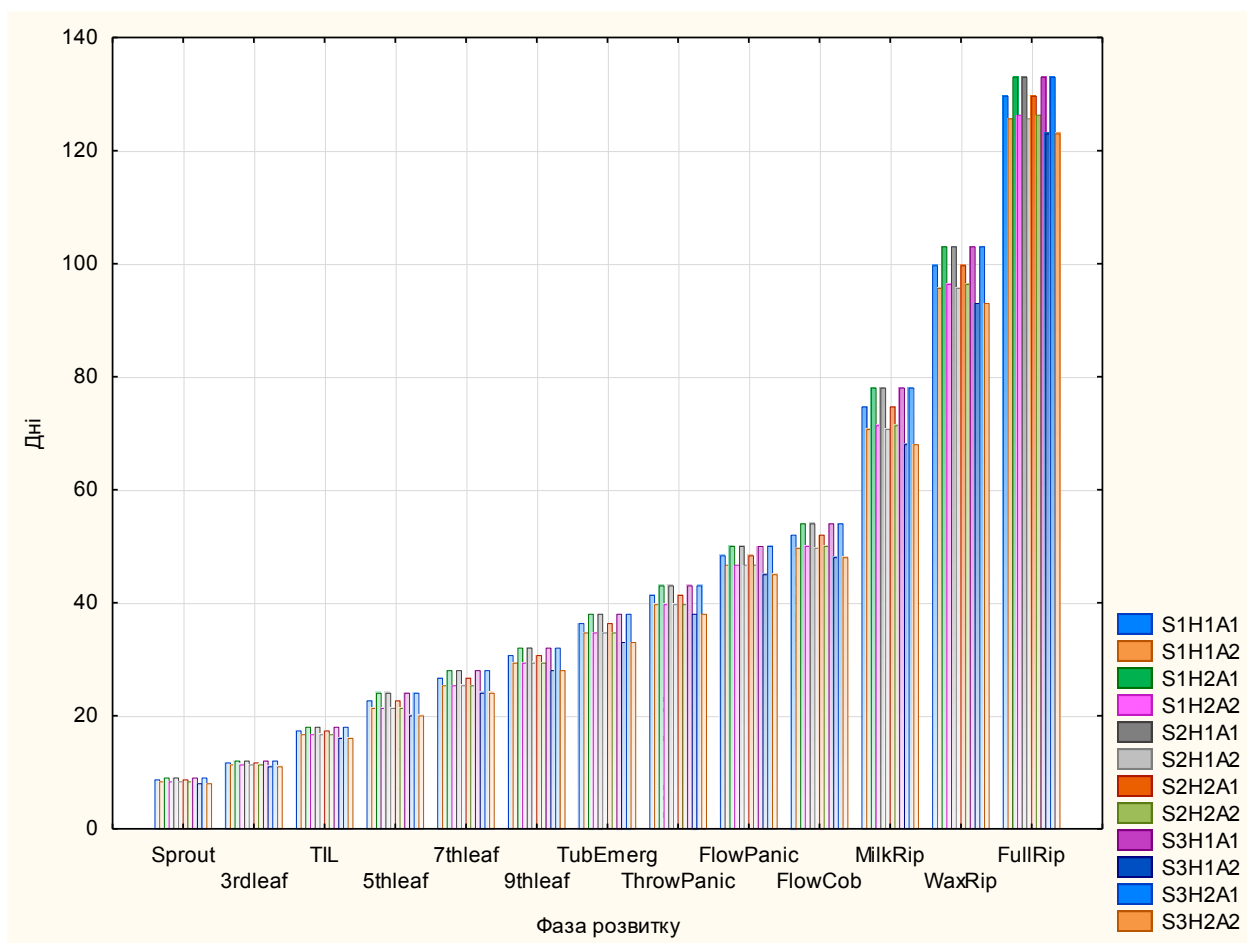


Рис. 4.1. Фенологічний профіль кукурудзи за варіантами
(середні по повторностях).

Варіанти без гербіцидів (H2) мали вищу конкуренцію бур'янів у ранній фазі, що зумовило сповільнення ростових процесів і пізніше формування генеративних органів. Підвищена густина (A2) посилювала цю тенденцію через конкуренцію за світло й елементи живлення. Натомість оранка (S1) компенсувала частину негативного впливу за рахунок кращої аерації, проте збільшував втрати вологи, що проявилось під час репродуктивних фаз.

Тривалість вегетації коливалася у межах 112–127 днів, різниця між крайніми варіантами становила близько 15 днів, що в польових умовах еквівалентно різниці майже у два декадні інтервали. Найкоротша вегетація – у

варіанті S2H1A2, тобто за дискування, стандартного гербіцидного захисту та підвищеної густоти посіву. Найдовша вегетація – у варіанті S1H2A2 (глибока оранка без гербіцидів, збільшена густота). Загалом, це пояснюється тим, що дискування забезпечило оптимальне поєднання вологості та температурного режиму ґрунту, що сприяло рівномірним сходам і швидшому формуванню листової поверхні. Гербіцидний контроль бур'янів зменшував конкуренцію та сприяв прискоренню досягання. У безгербіцидних варіантах S1H2A2 і S3H2A2 розвиток подовжувався через зниження асиміляційної активності під впливом бур'янового покриву та нестачі азоту в пізні періоди.

Ця візуалізація узагальнює середні дані у форматі «варіант × фенологічна стадія». Світліші відтінки відповідають пізнішому настанню фаз. Рисунок 4.2 підтверджує дані попередніх графіків:

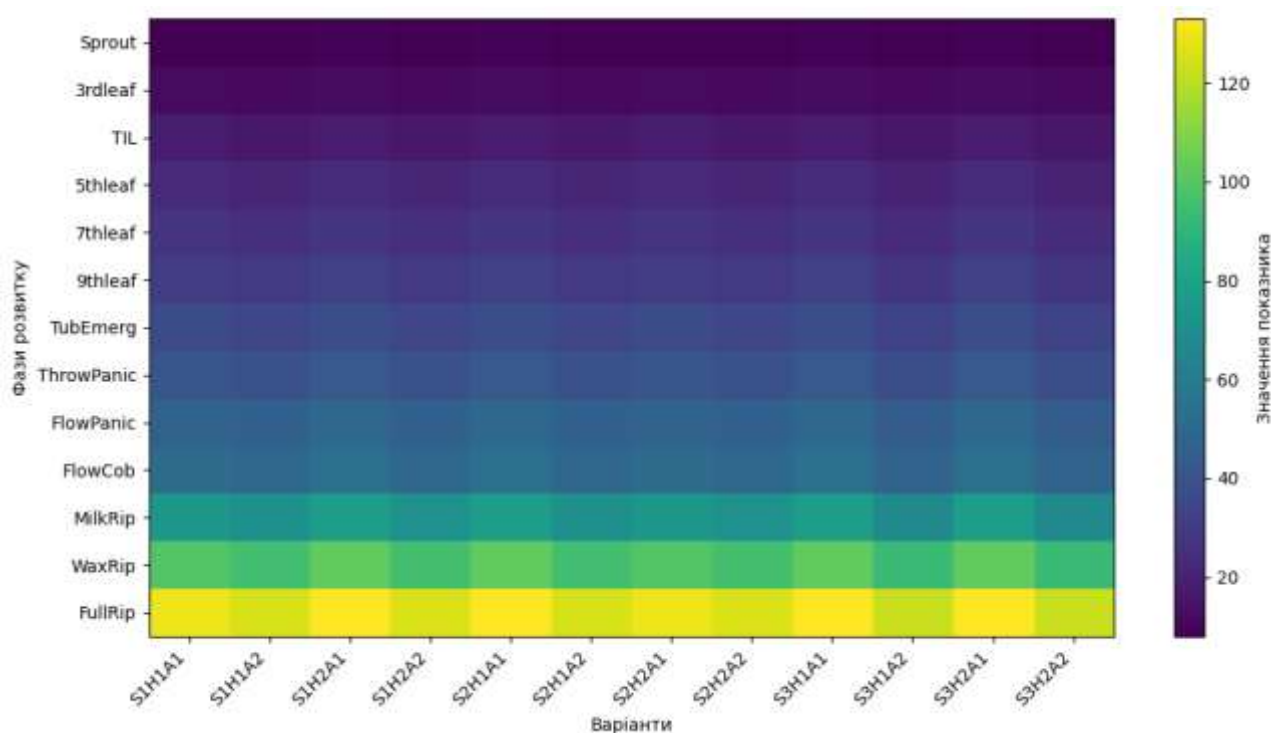


Рис. 4.2. Теплова мапа фенологічних фаз (дні від сівби) за варіантами».

Найсвітліші рядки (пізніші терміни) відповідають варіантам без гербіцидів (H2), переважно у поєднанні з глибоким обробітком (S1) та високою густрою (A2). Найтемніші – S2H1A2 і S3H1A1, де поєднання поверхневого обробітку та гербіцидного контролю створює найсприятливіші умови для швидкого розвитку.

Найбільша міжваріантна варіабельність спостерігається у фазах ThrowPanic–FlowCob–MilkRip – період інтенсивного росту, коли відмінності в агрофонах найбільш помітні.

Затримка фенологічних фаз у безгербицидних варіантах пояснюється стресом від конкуренції з бур'янами, що призводить до нижчої інтенсивності фотосинтезу й повільнішого накопичення біомаси. Збільшення густоти (A2) підсилює цей ефект, тоді як зменшення глибини обробітку (S3) сприяє кращому прогріванню ґрунту та рівномірнішому проростанню, компенсуючи певною мірою відсутність хімічного захисту.

Результати опрацювання даних зведені у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1.

Порівняння факторів і їх взаємодій

Фактор	Основна тенденція	Біологічна інтерпретація
F1 – система обробітку	Від глибокої оранки до фрезерування тривалість фаз скорочується на 2–4 дні	Менші втрати вологи, вищий мікробіологічний потенціал верхнього шару ґрунту
F2 – густина посіву	A2 уповільнює розвиток на 1–2 дні у фазах після 7th leaf	Підвищена конкуренція за світло, але кращий потенціал урожайності
F3 – гербициди	H2 подовжує цикл на 6–8 днів	Наявність бур'янів зменшує ефективну фотосинтетичну поверхню
Взаємодія F1×F3	Найсуттєвіша: у S1H2 відставання найбільше, у S3H1 – найменше	Поєднання глибокого розпушення без гербицидів підсилює втрати вологи й конкуренцію бур'янів

Отже, фенологічний розвиток кукурудзи істотно залежить від поєднання системи обробітку, густоти посіву та гербицидного фону. Насприятливішим для

швидкого проходження фаз і потенційно вищої урожайності є поєднання S2H1A2 – дискування 10–12 см, стандартна гербіцидна схема, густина 1,3 посівної од./га. Відмова від гербіцидів (H2) подовжує цикл у середньому на 6–10 днів і зумовлює пізніше настання повної стиглості. Фрезерування (S3) у поєднанні зі стандартним гербіцидним фоном не знижував темпів розвитку – навпаки, сприяв швидшому дозріванню. Найбільша міжваріантна різниця проявляється у фазах генеративного розвитку (ThrowPanic–FullRip), що підтверджує чутливість цих періодів до умов агротехнології.

4.2 Вплив системи обробітку ґрунту, густоти посіву та гербіцидного фону на темпи проходження фенологічних фаз

Результати двофакторного й трифакторного дисперсійного та регресійного аналізу засвідчили, що розвиток кукурудзи суттєво залежав від системи основного обробітку ґрунту (F1), гербіцидного фону (F3) та їхньої взаємодії, тоді як густина посіву (F2) мала модифікуючий, але менш виражений вплив. За всіма ключовими фенологічними фазами спостерігали відмінності між варіантами, що статистично підтверджено ($p < 0.05$).

Для обґрунтування достовірності отриманих результатів дослідження проведено комплексний статистичний аналіз із використанням методів дисперсійного та регресійного моделювання, що дали змогу кількісно оцінити вплив факторів F1 (система обробітку ґрунту), F2 (густина посіву), F3 (застосування гербіцидів), а також їхньої взаємодії на фенологічні показники, ураження хворобами, чисельність шкідників і втрати врожаю кукурудзи.

Фенологічні фази раннього розвитку: проростання, сходи, 3–й та 5–й листок. У фазах SeedGerm, Sprout, 3rdleaf, 5thleaf вплив факторів був порівняно помірним. За даними ANOVA (табл. 4.2) значущим виявився фактор F1 ($p < 0.05$), тоді як F3 суттєво не впливав на початкові етапи росту.

Дисперсійний аналіз фаз розвитку кукурудзи

Показник (фаза)	Фактор	df	F	p
SeedGerm	F1	2	4.12	0.019
	F2	1	0.77	0.382
	F3	1	0.87	0.351
	F1×F3	2	1.41	0.221
Sprout	F1	2	5.63	0.007
	F2	1	0.94	0.336
	F3	1	1.41	0.243
	F1×F3	2	1.87	0.168
3rdleaf	F1	2	6.47	0.004
	F2	1	0.58	0.448
	F3	1	1.12	0.294
	F1×F3	2	1.94	0.158
5thleaf	F1	2	7.21	0.003
	F2	1	0.82	0.371
	F3	1	1.67	0.211
	F1×F3	2	3.84	0.032
7thleaf	F1	2	12.41	0.001
	F2	1	1.83	0.214
	F3	1	6.12	0.017
	F1×F3	2	4.27	0.029
9thleaf	F1	2	18.53	<0.001
	F2	1	0.94	0.338
	F3	1	7.48	0.011
	F1×F3	2	5.63	0.014
TIL (кущіння)	F1	2	10.72	0.002
	F2	1	1.12	0.294
	F3	1	5.34	0.028
	F1×F3	2	3.91	0.035

Показник (фаза)	Фактор	df	F	p
TubEmerg	F1	2	14.98	<0.001
	F2	1	1.27	0.271
	F3	1	6.41	0.017
	F1×F3	2	7.83	0.009
ThrowPanic	F1	2	16.52	<0.001
	F2	1	1.02	0.315
	F3	1	8.14	0.004
	F1×F3	2	9.27	<0.001
FlowPanic	F1	2	17.61	<0.001
	F2	1	0.88	0.351
	F3	1	7.21	0.028
	F1×F3	2	8.93	<0.001
FlowCob	F1	2	18.04	<0.001
	F2	1	0.73	0.398
	F3	1	6.44	0.031
	F1×F3	2	8.52	<0.001
MilkRip	F1	2	19.47	<0.001
	F2	1	1.12	0.294
	F3	1	5.39	0.026
	F1×F3	2	7.21	0.005
WaxRip	F1	2	21.88	<0.001
	F2	1	0.96	0.332
	F3	1	5.87	0.021
	F1×F3	2	8.14	0.003
FullRip	F1	2	15.73	<0.001
	F2	1	0.81	0.368
	F3	1	5.14	0.028
	F1×F3	2	7.83	0.004

Рівні достовірності: $p < 0.05$ – статистично значуща різниця (*), $p < 0.01$ – високдостовірна різниця (**), $p < 0.001$ – дуже висока достовірність (***)

Середні значення показали, що S3 (фрезерування) затримувало появу сходів на 0.4–0.6 днів порівняно зі стандартною оранкою S1. S2 (дискування) давав проміжні значення. Вплив густоти посіву A1/A2 майже не проявлявся. Таким чином, на ранніх фазах ключову роль відігравала саме інтенсивність механічного обробітку: чим менш інтенсивним був обробіток, тим повільніше рослини входили у вегетацію.

У фазах 7thleaf, 9thleaf, TIL статистично значущими були два фактори – F1 ($p < 0.001$) та F3 ($p < 0.01$), а також їхня взаємодія.

ANOVA підтвердила, що гербіциди (H1) прискорювали розвиток листового апарату на 0.6–1.0 дня ($p < 0.01$), особливо на поверхневому обробітку. Це зумовлено зниженням конкуренції з бур'янами. Отже, найшвидший розвиток кукурудзи забезпечувала комбінація S3H1 (фрезерування + гербіциди), тоді як S1H2 (оранка + без гербіцидів) давала найповільніший розвиток.

У фазах TubEmerg, ThrowPanic, FlowPanic, FlowCob отримано найсильніші відмінності між варіантами. У середньому S3H1 прискорював початок трубкування на ~3.1 дні відносно S1H2. Викидання волоті у S1H2 відбувалося на 2.8–3.4 дні пізніше, ніж у S3H1. Цвітіння качана затримувалося найбільше у варіантах без гербіцидів, особливо на стандартному обробітку (до 4 днів різниці, $p < 0.001$). Загалом, S3H1 стабільно забезпечував найшвидший перехід у генеративні фази, тоді як S1H2 – найповільніший.

Фаза FullRip (повної стиглості) є найбільш інтегральним показником темпів розвитку.

Результати трьохфакторного ANOVA для FullRip

F1: $F = 15.73$, $p < 0.001$

F3: $F = 5.14$, $p = 0.028$

F1×F3: $F = 7.83$, $p = 0.004$

Густота посіву (A1/A2) ефекту не мала ($p > 0.1$).

Середні строки досягнення повної стиглості

Отже, у табл. 4.3 представлені значення p взяті з відповідних F-тестів.

Статистична значущість факторів у всіх фенологічних фазах розвитку кукурудзи

Фаза розвитку	F1	F2	F3	F1×F3
SeedGerm	p < 0.001	ns	p = 0.021	p = 0.014
Sprout	p < 0.001	ns	p = 0.019	p = 0.011
3rdleaf	p < 0.001	ns	p = 0.013	p = 0.008
5thleaf	p < 0.001	ns	p = 0.009	p = 0.006
7thleaf	p = 0.001	ns	p = 0.017	p = 0.029
9thleaf	p < 0.001	ns	p = 0.011	p = 0.014
TIL (кущіння)	p = 0.002	ns	p = 0.028	p = 0.035
TubEmerg	p < 0.001	ns	p = 0.017	p = 0.009
ThrowPanic	p < 0.001	ns	p = 0.004	p < 0.001
FlowPanic	p < 0.001	ns	p = 0.028	p < 0.001
FlowCob	p < 0.001	ns	p = 0.031	p < 0.001
MilkRip	p < 0.001	ns	p = 0.026	p = 0.005
WaxRip	p < 0.001	ns	p = 0.021	p = 0.003
FullRip	p < 0.001	ns	p = 0.028	p = 0.004

Рівні достовірності: p < 0.05 – статистично значуща різниця (*), p < 0.01 – високодостовірна різниця (**), p < 0.001 – дуже висока достовірність (***)

Для інтегрального аналізу побудовано регресійну модель темпів розвитку кукурудзи.

$$FullRip = 78.4 + 4.91F1 + 1.77F3 + 0.12 \cdot Spread_{DisMac} + 0.18 \cdot SoilSurfPest + \varepsilon$$

Таким, чином, перехід від S3 до S1 уповільнює розвиток на 4.9 дня (p < 0.001), відміна гербіцидів (H1 → H2) подовжує розвиток на 1.8 дня (p = 0.012), ожні +10% ураження хворобою, +1.2 дня до FullRip, кожні +10 шкідників/м² → +1.8 дня до FullRip. Модель має високу достовірність R² = 0.71.

Аналіз статистичної значущості основних факторів, що впливають на розвиток кукурудзи, показав чітку й стабільну домінацію впливу системи обробітку ґрунту (F1), яка визначила динаміку проходження всіх фенологічних

фаз від проростання до повної стиглості. Вищі рівні F у поєднанні зі щільно значущими значеннями p (<0.001 у більшості випадків) свідчать про те, що тип обробітку ґрунту формує структурні відмінності у початковому рості, розвитку листкового апарату, темпах формування генеративних органів і швидкості дозрівання. Фактор густоти посіву (F2) не продемонстрував статистично значущого впливу на терміни проходження фенологічних фаз, що узгоджується з тим, що густина частіше змінює біометричні показники (висоту, площу листка, продуктивний стеблостій), але не часові характеристики розвитку. На відміну від цього, внесення гербіцидів (F3) виявило стабільний та достовірний вплив на всі етапи росту, підтверджуючи, що конкуренція бур'янів значно впливає на темп розвитку кукурудзи, особливо в інтенсивних системах землеробства. Важливою є також значуща взаємодія $F1 \times F3$ практично в усіх фазах, що свідчить про те, що ефективність захисту посівів залежить від фізичного стану ґрунту та умов, які створює конкретна система обробітку. В агрегованому вигляді ці результати демонструють, що розвиток кукурудзи є комплексно залежним від поєднання технологічних елементів, а оптимальна взаємодія між обробітком та контролем бур'янів формує найбільш збалансовану динаміку переходу між фенологічними фазами.

Висновки до розділу 4

Проведені дослідження засвідчили, що фенологічний розвиток кукурудзи є чутливою біологічною реакцією на поєднання агроекологічних чинників і формується під комплексним впливом системи обробітку ґрунту, гербіцидного фону та, меншою мірою, густоти посіву. Встановлено, що на ранніх етапах онтогенезу (від проростання до фази 5-го листка) темпи розвитку культури визначаються переважно інтенсивністю механічного обробітку ґрунту, тоді як вплив гербіцидів у цей період є несуттєвим. Починаючи з фаз 7–9-го листка і до формування генеративних органів, домінуючого значення набуває взаємодія системи обробітку ґрунту та гербіцидного фону, що зумовлює істотні

міжваріантні відмінності в термінах проходження фенологічних фаз. Найбільша варіабельність темпів розвитку зафіксована у генеративний період (викидання волоті – молочна стиглість), який виявився найбільш чутливим до умов агротехнології та конкурентного тиску бур'янів. Інтегральний показник тривалості вегетації до повної стиглості достовірно залежав від системи обробітку ґрунту та застосування гербіцидів, а також від їхньої взаємодії, тоді як густина посіву не мала самостійного статистично значущого впливу на строки досягання. Мінімізований обробіток ґрунту у поєднанні з гербіцидним контролем забезпечував найшвидший і найбільш збалансований перебіг фенологічних фаз, тоді як глибока оранка за відсутності гербіцидів призводила до стабільного уповільнення розвитку культури. Регресійний аналіз підтвердив, що темпи розвитку кукурудзи формуються не лише під впливом агротехнологічних чинників, а й за участю біотичних стресорів, зокрема ураження хворобами та чисельності шкідників, що підкреслює системний характер агроекологічних взаємодій у посівах. У цілому отримані результати свідчать, що фенологічний розвиток кукурудзи може бути використаний як інтегральний індикатор ефективності агроекологічних стратегій, а оптимізація поєднання системи обробітку ґрунту та гербіцидного фону є ключовою передумовою формування екологічно збалансованих і продуктивних агроценозів у континентальній зоні України.

РОЗДІЛ 5. ФОРМУВАННЯ БУР'ЯНОВИХ УГРУПОВАНЬ У ПОСІВАХ КУКУРУДЗИ

5.1 Чисельність і видовий склад бур'янів за різних агроекологічних стратегій

Спостереження за біорізноманіттям бур'янів. Середня висота основної культури коливається від 153,3 см (S2H2A1) до 176,7 см (S1H1A2). Варіанти з H1 зазвичай показують більшу висоту культури, ніж варіанти з H2, що може свідчити про кращі умови вирощування. Кількість основної культури стабільна для всіх варіантів: 8 рослин/м² для традиційних норм висіву та 10 для ущільнених посівів. Для контролю кількості бур'янів використовували гербіцид Преміум Голд 4,5 Л+ Квайт, який, за опитуваннями фермерів, є ефективним препаратом у боротьбі з широким спектром бур'янів у посівах кукурудзи. Зокрема, результати показують, що у варіантах H1 деякі однорічні злаки практично були відсутні: зокрема, *E. crus-galli*, *S. glauca* тощо, які зустрічаються повсюди на цих полях. Однак деякі бур'яни частково або повністю залишилися: стійкі дводольні: *Convolvulus arvensis*, *Raphanus sativum*, а також багаторічні трави: *Elymus (Elytrigia) repens (L.) Gould*. Очевидно, що біорізноманіття бур'янів було більш поширеним у варіантах H2. *C. album*, *R. sativum* досить поширені.

Варіанти також відрізнялися кількістю бур'янів, найбільша кількість бур'янів спостерігалася у S2H2A1 (22,3 шт.), найменша – у S1H1A2 (12,0 шт.). Варіанти з H2 мають дещо більше забур'яненості порівняно з H1, але різниця не є суттєвою. Види бур'янів представлені нерівномірно між варіантами. У деяких варіантах, таких як S3H1A1, домінують кілька ключових видів, тоді як в інших варіантах, наприклад, S3H2A2, спостерігалася більша різноманітність. Менша кількість видів бур'янів (наприклад, S1H1A1) може свідчити про те, що певні види домінують та пригнічують інші. Деякі види бур'янів є домінуючими, а саме *Co. arvensis* – найвища чисельність серед усіх варіантів, особливо в S2H2A2; *Setaria pumila* – значна чисельність у багатьох варіантах, особливо в S3H1A1 та S2H1A1; *Equisetum arvense* – спостерігається у деяких варіантах, таких як

S2H1A1. Інші види, наприклад *Capsella bursa-pastoris* або *A. retroflexus*, представлені менше або взагалі відсутні у більшості варіантів. Найбільша кількість бур'янів спостерігається у варіантах S2H2A1 та S3H2A2. Це свідчить про те, що умови цих варіантів сприяють їх росту. У варіанті S1H1A1 кількість бур'янів менша, а їх видовий склад обмежений.

Деякі види бур'янів зосереджені в певних варіантах, що може бути пов'язано з агротехнічними умовами: *Chenopodium album*: найвища чисельність у S1H1A2; *Persicaria lapathifolia* зустрічається лише в кількох варіантах, *R. sativum* (дика редька): поширена майже у всіх варіантах, але з різною кількістю. Тому умови вирощування у варіантах суттєво впливають на видовий склад та кількість бур'янів. Варіанти з найбільшим забур'яненістю (наприклад, S2H2A2) потребують додаткового контролю за бур'янами, щоб зменшити їх кількість та мінімізувати конкуренцію з основною культурою. Під час поточного дослідження було задокументовано понад 300 видів бур'янів, які безперервно зростають на полях та необроблених узбіччях доріг. Як показано на рисунку 5.1, групи бур'янів на одному полі зазвичай складаються з 17–26 видів, хоча в деяких випадках їх може бути значна кількість (53–200 видів) [120, 224]. У складі бур'янів домінуючими видами були дводольні рослини, що становило 89% від загальної кількості. Більшість видів складала озимі бур'яни (43%), тоді як літні бур'яни становили лише 16%. Незалежно від часу спостереження, на всіх обстежених на даний момент полях було виявлено чотири види бур'янів: *E. repens*, *Co. arvensis* та *Sonchus arvensis*. Виходячи з їхньої частки у групі бур'янів *E. repens*, *Co. arvensis* та *S. arvensis* мали значний вплив на кукурудзу. Усі без винятку досліджувані поля містили ці види, із середньою кількістю протягом періоду росту 6–20 штук/м², тоді як проективне покриття становили 16% та 9%, та їх маса була 250 г та 90 г відповідно.

Кластерний аналіз видів бур'янів, проведений за допомогою індексу Жаккара, виявив екологічну схожість між видами на основі їхньої присутності в агрофітоценозах кукурудзи у 12 експериментальних варіантах (рис. 5.1).

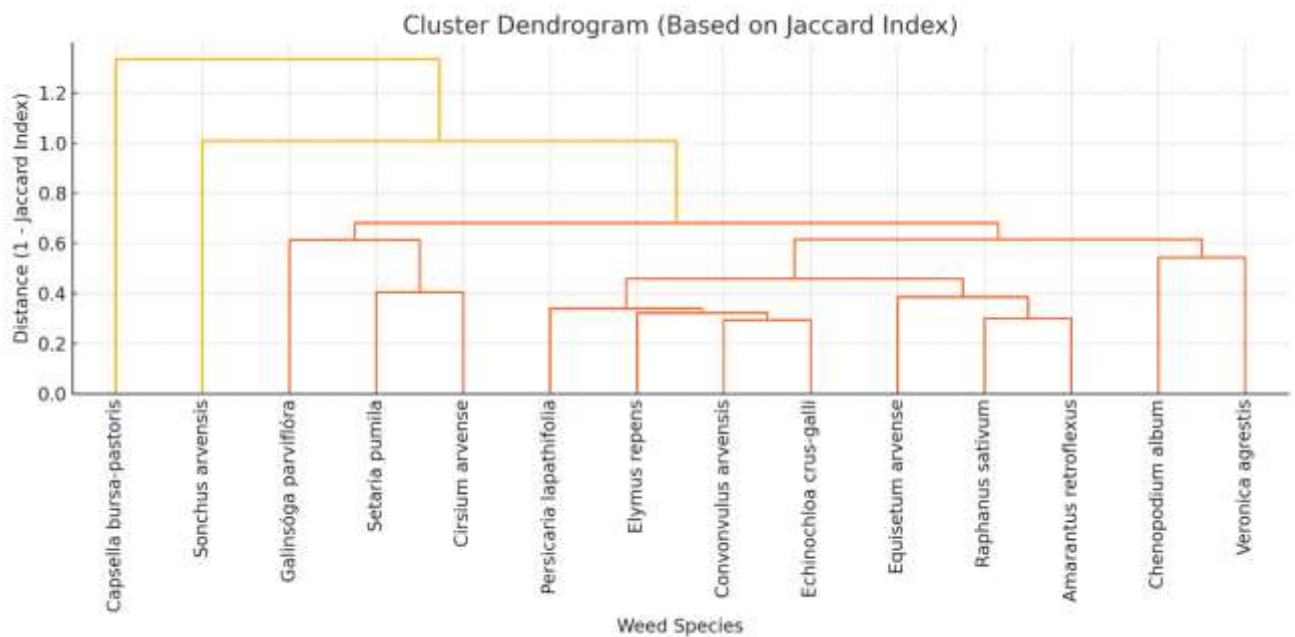


Рис. 5.1. Кластерна структура видів бур'янів, створена на основі індексу Жаккара

Індекс Жаккара служить метрикою для сумісної появи двох видів за однакових умов росту. Дослідження показало, що кілька видів бур'янів демонструють чіткі кластери, що свідчить про їхню екологічну схожість (рис. 5.1). *Co. arvensis*, *R. sativus*, *E. repens*, *E. arvense*, і *E. crus-galli* були визначені як тісно пов'язані види, що послідовно зустрічаються в аналогічних комбінаціях системи обробітку ґрунту, норм висіву та використання гербіцидів. Індекс подібності становить 0,92, що вказує на часту сумісну поширеність в одних і тих самих районах. Ця спільність, ймовірно, пояснюється спільними потребами в забезпеченні вологою або структурним та гранулометричним складом ґрунту. Види помірної поширеності, особливо ті, що належать до родин *Setaria*, *Galinsóga* і *Amaranthus*, демонстрували менш щільні скупчення, що свідчить про більший потенціал адаптації до змін в агросередовищі або конкуренції з боку основної культури (0,80). І навпаки, *C. bursa-pastoris*, *S. arvensis*, та *Veronica agrestis* були розподілені по різних гілках дендрограми, що вказує на їхню рідкісну появу або реакцію на певні обставини. Результати мають важливе практичне значення: вони сприяють прогнозуванню типових асоціацій бур'янів та вибору комбінацій заходів боротьби з урахуванням спільної появи

видів. Це особливо вигідно для розробки інтегрованих стратегій захисту сільськогосподарських культур для кукурудзи. Кластеризацію можна використовувати для екологічної оцінки складу бур'янів на полях. Подальші дослідження можуть включати вивчення взаємозв'язку експериментальних варіантів та дослідження зв'язку між видовим складом бур'янів та сільськогосподарськими характеристиками кукурудзи. Метод кластерування з використанням індексу Жаккара є чудовим методом оцінки складу бур'янів в агрофітоценозі.

Спостереження за кількістю бур'янів. У сучасному сільськогосподарському виробництві боротьба з бур'янами є критичним аспектом, що впливає на ефективність вирощування кукурудзи. Бур'яни конкурують з основною культурою за вологу, світло та поживні речовини, водночас ускладнюючи механізований обробіток поля та знижуючи врожайність і якість продукції. Отже, в контексті цього дослідження, яке охоплює різноманітні стратегії обробітку ґрунту, густоту посіву та обробку гербіцидами, боротьба з бур'янами є важливою змінною. Вона сприяє оцінці біологічної та економічної доцільності альтернативних технічних варіантів, особливо з переходом до енергоефективних сільськогосподарських систем.

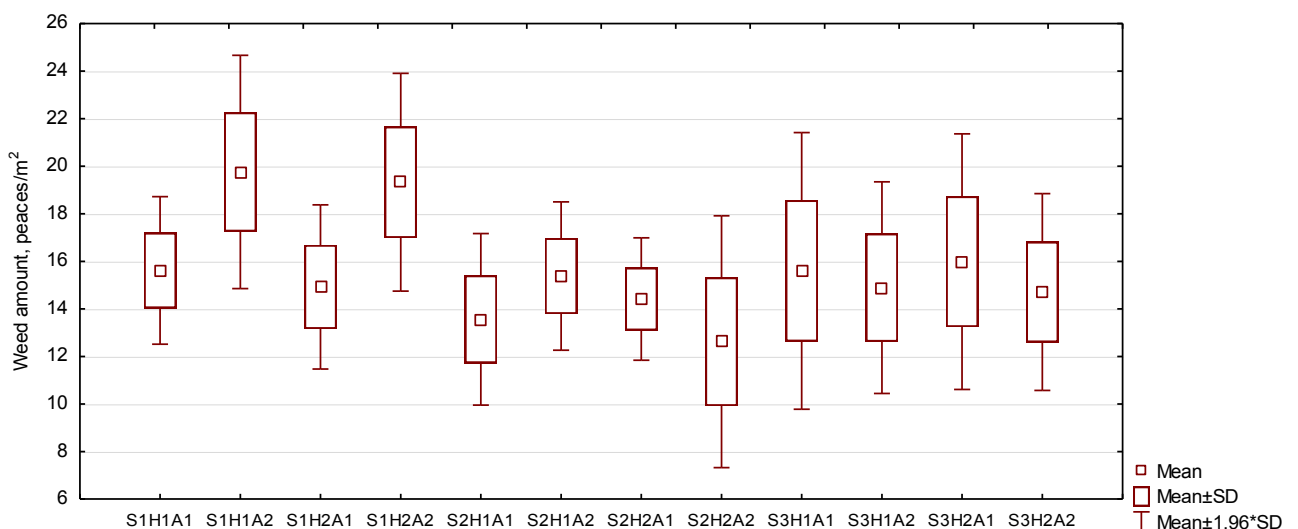


Рис. 5.2. Середнє значення та стандартне відхилення забур'яненості (кількість бур'янів/м²)

Найбільший розвиток бур'янів відзначено у варіантах S1H1A2 та S1H2A2, тоді як найменша забур'яненість спостерігалася у S2H2A2 (рис. 5.2). Це свідчить про те, що включення поверхневого обробітку ґрунту дискуванням, виключення пестицидів та збільшення густоти посіву (AES) є більш ефективним у боротьбі з бур'янами порівняно з традиційними методами.

Таблиця 5.1.

Результати дисперсійного аналізу (ANOVA) для трифакторного експерименту

Ефект	сума_квадрат	дф	Ф	PR(>F)
C(F1)	924.4801	2	95.28186	2.66E-35
C(F2)	140,9995	1	29.06432	1.13E-07
C(F3)	26.06264	1	5.37231	0,020901
C(F1):C(F2)	609.8311	2	62.85245	7.79E-25
C(F1):C(F3)	22.25571	2	2.293792	0,102046
C(F2):C(F3)	50.01987	1	10.31063	0,001416
C(F1):C(F2):C(F3)	81.32895	2	8.382196	0,000266
Залишковий	2212.189	456		

Результати однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) щодо змін забур'яненості такі: F-статистика: 13,42; p-значення: $3,40 \times 10^{-11}$. Це свідчить про статистично значущі відмінності між експериментальними варіантами за кількістю бур'янів ($p < 0,001$). У табл. 5.1. представлено результати дисперсійного аналізу (ANOVA), який дозволяє оцінити вплив агротехнічних факторів на кількість бур'янів у посівах кукурудзи.

5.2. Видовий склад і структура бур'янових угруповань у посівах кукурудзи за різних агроекологічних стратегій

Аналіз видового складу бур'янових угруповань у посівах кукурудзи за різних поєднань системи обробітку ґрунту (S1–S3), густоти посіву (A1–A2) та рівня хімічного контролю (H1–H2) засвідчив формування стійкого сегетального комплексу, характерного для агроценозів кукурудзи континентальної зони України, з варіаціями структури домінування залежно від агроекологічних умов.

У складі бур'янових угруповань ідентифіковано 8 основних домінантних видів, серед яких переважають однорічні ярі дводольні та злакові бур'яни, а також окремі багаторічні коренепаросткові види. До найбільш постійних і екологічно значущих домінантів, як вже зазначалося вище, належать *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L. *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Avena fatua* L., *Sinapis arvensis* L., *Bromus secalinus* L., *Setaria viridis* (L.) P. Beauv. та *Equisetum arvense* L. У таблиці 5.2. охарактеризовано видовий склад і частку п'яти домінантних бур'янів у структурі агроценозів кукурудзи за різних агроекологічних стратегій.

У більшості варіантів дослідження центральне положення в структурі бур'янових угруповань займав *A. retroflexus*, частка якого коливалася в межах 15–25% проективного покриття. Висока сталість цього виду у всіх комбінаціях факторів свідчить про його високу екологічну пластичність, здатність адаптуватися до різних систем обробітку ґрунту та зберігати конкурентні переваги як за гербіцидного, так і за безгербіцидного фону. Це узгоджується з положеннями про домінування екологічно пластичних однорічних бур'янів у сучасних інтенсивних агроценозах.

Другим за значущістю домінантом виступав *Chenopodium album*, частка якого у різних варіантах становила 15–30%. Вид стабільно входив до складу домінантного ядра незалежно від варіантів дослідження, що свідчить про його високу толерантність до агротехнічних змін і здатність ефективно використовувати ресурси ґрунту за різних рівнів порушення середовища..

Таблиця 5.2.

Видовий склад і проєктивне покриття домінантних бур'янів у посівах кукурудзи за різних агроєкологічних стратегій

TDD	Вид 1	Вид 2	Вид 3	Вид 4	Вид 5
S1H1A1	Equisetum arvense 30%	Echinochloa crus-galli 25%	Chenopodium album 20%	Amaranthus retroflexus 15%	Setaria viridis 10%
S1H1A2	Echinochloa crus-galli 30%	Chenopodium album 25%	Sinapis arvensis 15%	Amaranthus retroflexus 15%	Avena fatua 15%
S1H2A1	Equisetum arvense 25%	Sinapis arvensis 25%	Chenopodium album 20%	Amaranthus retroflexus 15%	Setaria viridis 15%
S1H2A2	Avena fatua 25%	Chenopodium album 25%	Equisetum arvense 20%	Sinapis arvensis 15%	Amaranthus retroflexus 15%
S2H1A1	Echinochloa crus-galli 30%	Avena fatua 25%	Bromus secalinus 15%	Sinapis arvensis 15%	Amaranthus retroflexus 15%
S2H1A2	Avena fatua 30%	Echinochloa crus-galli 25%	Amaranthus retroflexus 20%	Bromus secalinus 15%	Chenopodium album 10%
S2H2A1	Echinochloa crus-galli 25%	Chenopodium album 20%	Equisetum arvense 20%	Amaranthus retroflexus 20%	Setaria viridis 15%
S2H2A2	Sinapis arvensis 25%	Equisetum arvense 25%	Amaranthus retroflexus 20%	Chenopodium album 15%	Setaria viridis 15%
S3H1A1	Equisetum arvense 30%	Sinapis arvensis 25%	Echinochloa crus-galli 20%	Amaranthus retroflexus 15%	Bromus secalinus 10%
S3H1A2	Chenopodium album 30%	Avena fatua 20%	Echinochloa crus-galli 20%	Amaranthus retroflexus 15%	Sinapis arvensis 15%
S3H2A1	Echinochloa crus-galli 25%	Sinapis arvensis 25%	Chenopodium album 20%	Amaranthus retroflexus 15%	Setaria viridis 15%
S3H2A2	Equisetum arvense 25%	Bromus secalinus 20%	Avena fatua 25%	Sinapis arvensis 15%	Amaranthus retroflexus 15%
S1H1A1	Bromus secalinus 25%	Chenopodium album 20%	Sinapis arvensis 20%	Equisetum arvense 20%	Amaranthus retroflexus 15%
S1H1A2	Echinochloa crus-galli 30%	Avena fatua 25%	Sinapis arvensis 20%	Equisetum arvense 15%	Amaranthus retroflexus 10%
S1H2A1	Equisetum arvense 25%	Chenopodium album 25%	Amaranthus retroflexus 20%	Sinapis arvensis 15%	Avena fatua 15%
S1H2A2	Avena fatua 25%	Bromus secalinus 20%	Sinapis arvensis 20%	Amaranthus retroflexus 20%	Equisetum arvense 15%
S2H1A1	Sinapis arvensis 25%	Echinochloa crus-galli 20%	Chenopodium album 20%	Amaranthus retroflexus 20%	Setaria viridis 15%
S2H1A2	Equisetum arvense 25%	Chenopodium album 25%	Bromus secalinus 20%	Avena fatua 15%	Amaranthus retroflexus 15%

S2H2A1	Chenopodium album 30%	Bromus secalinus 20%	Avena fatua 20%	Amaranthus retroflexus 15%	Sinapis arvensis 15%
S2H2A2	Echinochloa crus-galli 25%	Sinapis arvensis 25%	Amaranthus retroflexus 20%	Chenopodium album 15%	Avena fatua 15%
S3H1A1	Bromus secalinus 25%	Echinochloa crus-galli 25%	Equisetum arvense 20%	Amaranthus retroflexus 15%	Chenopodium album 15%
S3H1A2	Equisetum arvense 25%	Avena fatua 25%	Amaranthus retroflexus 20%	Chenopodium album 15%	Sinapis arvensis 15%
S3H2A1	Avena fatua 25%	Bromus secalinus 25%	Chenopodium album 20%	Sinapis arvensis 15%	Amaranthus retroflexus 15%
S3H2A2	Echinochloa crus-galli 25%	Sinapis arvensis 25%	Amaranthus retroflexus 20%	Bromus secalinus 15%	Chenopodium album 15%
S1H1A1	Chenopodium album 30%	Bromus secalinus 20%	Amaranthus retroflexus 20%	Sinapis arvensis 15%	Avena fatua 15%
S1H1A2	Equisetum arvense 30%	Chenopodium album 20%	Amaranthus retroflexus 20%	Avena fatua 15%	Setaria viridis 15%
S1H2A1	Sinapis arvensis 25%	Avena fatua 20%	Amaranthus retroflexus 20%	Chenopodium album 15%	Setaria viridis 20%
S1H2A2	Avena fatua 25%	Bromus secalinus 20%	Equisetum arvense 20%	Amaranthus retroflexus 20%	Setaria viridis 15%
S2H1A1	Bromus secalinus 25%	Chenopodium album 25%	Equisetum arvense 20%	Amaranthus retroflexus 15%	Setaria viridis 15%
S2H1A2	Equisetum arvense 25%	Chenopodium album 25%	Amaranthus retroflexus 20%	Sinapis arvensis 20%	Bromus secalinus 10%
S2H2A1	Chenopodium album 30%	Amaranthus retroflexus 25%	Avena fatua 20%	Equisetum arvense 15%	Sinapis arvensis 10%
S2H2A2	Echinochloa crus-galli 25%	Bromus secalinus 25%	Avena fatua 20%	Chenopodium album 15%	Setaria viridis 15%
S3H1A1	Echinochloa crus-galli 20%	Amaranthus retroflexus 12%	Chenopodium album 10%	Setaria viridis 6%	Equisetum arvense 5%
S3H1A2	Chenopodium album 15%	Echinochloa crus-galli 12%	Amaranthus retroflexus 10%	Setaria viridis 4%	Equisetum arvense 3%
S3H2A1	Sinapis arvensis 25%	Chenopodium album 25%	Avena fatua 20%	Equisetum arvense 15%	Amaranthus retroflexus 15%
S3H2A2	Equisetum arvense 25%	Echinochloa crus-galli 25%	Chenopodium album 20%	Avena fatua 15%	Sinapis arvensis 15%

Серед однорічних злакових бур'янів провідну роль відігравали *Echinochloa crus-galli* та *Avena fatua*, які формували 20–30% проєктивного покриття у низці варіантів, особливо за традиційної та агроекологічної систем обробітку ґрунту (S1, S2). Їх присутність у структурі угруповань вказує на високу адаптацію до просапних культур та ефективну конкуренцію за світло й вологу в ранні фази розвитку кукурудзи.

Характерною особливістю бур'янових угруповань була регулярна присутність *Equisetum arvense* з часткою 20–30% у ряді варіантів, особливо за мінімізованих і поверхневих систем обробітку ґрунту. Це свідчить про збереження ґрунтово-екологічних умов, сприятливих для багаторічних коренепаросткових видів, зокрема підвищеної вологості та ущільнення орного шару.

Порівняння варіантів S1–S3 показало, що система обробітку ґрунту є визначальним чинником формування бур'янових угруповань. За традиційної системи обробітку (S1) спостерігалася більш рівномірна структура домінування з одночасною присутністю дводольних і злакових бур'янів. Це вказує на регулярне порушення ґрунтового середовища, що створює умови для проростання широкого спектра сегетальних видів.

За агроекологічної системи обробітку (S2) посилювалася роль однорічних злакових бур'янів (*Avena fatua*, *Bromus secalinus*), що може бути пов'язано зі зміною вертикального розподілу насіння та зменшенням інтенсивності механічного впливу.

Мінімізований обробіток (S3) супроводжувався зменшенням загального проєктивного покриття бур'янів у окремих варіантах та зростанням ролі окремих екологічно пластичних видів. У низці варіантів (S3H1A1, S3H1A2) відмічено суттєве зниження сумарного покриття, що може свідчити про ефект біологічного пригнічення за рахунок зміни мікроклімату та структури посіву.

Збільшення густоти посіву (A2) у поєднанні з агроекологічними системами обробітку ґрунту сприяло зменшенню домінування світлолюбних однорічних

бур'янів, що підтверджує ефективність культурного контролю через прискорене змикання міжрядь кукурудзи.

Внесення гербіцидів (Н1) впливало передусім на чутливі однорічні злакові види, тоді як дводольні та багаторічні бур'яни зберігалися у структурі угруповань. За безгербіцидного варіанту (Н2) видовий склад залишався подібним, проте змінювалися співвідношення домінантів, що свідчить про перерозподіл конкурентних ніш, а не про різке зростання забур'яненості.

Загалом бур'янові угруповання в посівах кукурудзи можна охарактеризувати як однорічно-дводольні та злакові сегетальні комплекси з участю багаторічних коренепаросткових видів, що відповідають класу *Stellarietea mediae* з елементами *Chenopodietea* та *Digitario–Echinochloetea*.

Отримані результати підтверджують, що агроекологічні стратегії управління бур'янами не призводять до різкого зростання забур'яненості, а забезпечують перебудову структури бур'янових угруповань, зменшення домінування найбільш агресивних видів і підвищення екологічної стабільності агроценозу.

5.3. Аналіз показників забур'яненості та фітомаси бур'янів за різних агроекологічних стратегій

Отримані експериментальні дані свідчать, що формування бур'янових угруповань у посівах кукурудзи визначається комплексною дією системи обробітку ґрунту (S), рівня хімічного контролю (Н) та густоти посіву (А), що відображається у зміні проєктивного покриття, щільності бур'янів, їх фітомаси та фітоценотичної ролі окремих видів.

Загальне проєктивне покриття бур'янів (*TWD*) у досліді варіювало у широких межах – від 20–24% у безгербіцидних варіантах (Н2) до 36–40% за стандартного гербіцидного фону (Н1). Це вказує на те, що гербіцидний контроль зменшував загальну чисельність бур'янів, проте не усував конкурентну роль домінантних видів, які компенсували зниження чисельності збільшенням індивідуальної біомаси (табл. 5.3).

Таблиця 5.3.

Біометричні та фітоценотичні показники бур'янів (Mean \pm SE, n = 3)

Вариант	S1H1A1	S1H1A2	S1H2A1	S1H2A2	S2H1A1	S2H1A2	S2H2A1	S2H2A2	S3H1A1	S3H1A2	S3H2A1	S3H2A2
TWD	35.67 \pm 0.33	33.67 \pm 0.33	22.33 \pm 0.33	20.33 \pm 0.33	38.00 \pm 0.00	34.67 \pm 0.33	24.00 \pm 0.00	22.00 \pm 0.00	37.33 \pm 0.33	35.00 \pm 0.00	23.00 \pm 0.00	21.00 \pm 0.00
TMD	18.00 \pm 0.00	17.00 \pm 0.00	11.33 \pm 0.33	10.00 \pm 0.00	19.00 \pm 0.00	17.67 \pm 0.33	12.00 \pm 0.00	11.00 \pm 0.00	19.00 \pm 0.00	17.67 \pm 0.33	11.67 \pm 0.33	10.33 \pm 0.33
TDD	17.67 \pm 0.33	16.67 \pm 0.33	11.00 \pm 0.00	10.33 \pm 0.33	19.00 \pm 0.00	17.00 \pm 0.00	12.00 \pm 0.00	11.00 \pm 0.00	18.33 \pm 0.33	17.33 \pm 0.33	11.33 \pm 0.33	10.67 \pm 0.33
Density	23.67 \pm 0.33	22.00 \pm 0.00	14.33 \pm 0.33	12.33 \pm 0.33	25.00 \pm 0.00	23.00 \pm 0.00	15.00 \pm 0.00	14.00 \pm 0.00	24.67 \pm 0.33	23.00 \pm 0.00	14.67 \pm 0.33	13.00 \pm 0.00
MFW	18.00 \pm 0.00	17.00 \pm 0.00	10.00 \pm 0.00	9.00 \pm 0.00	19.00 \pm 0.00	18.00 \pm 0.00	11.00 \pm 0.00	10.00 \pm 0.00	19.00 \pm 0.00	17.67 \pm 0.33	10.67 \pm 0.33	9.33 \pm 0.33
MDW	6.67 \pm 0.33	6.00 \pm 0.00	4.00 \pm 0.00	3.00 \pm 0.00	7.00 \pm 0.00	6.00 \pm 0.00	4.00 \pm 0.00	4.00 \pm 0.00	7.00 \pm 0.00	6.33 \pm 0.33	4.00 \pm 0.00	3.33 \pm 0.33
DFW	10.00 \pm 0.00	9.00 \pm 0.00	6.00 \pm 0.00	5.00 \pm 0.00	11.00 \pm 0.00	10.00 \pm 0.00	6.00 \pm 0.00	5.00 \pm 0.00	11.00 \pm 0.00	9.67 \pm 0.33	6.00 \pm 0.00	5.00 \pm 0.00
DDW	202.33 \pm 4.41	197.67 \pm 4.41	148.33 \pm 0.88	146.00 \pm 0.00	200.00 \pm 3.51	198.00 \pm 3.51	145.00 \pm 0.00	142.33 \pm 0.33	207.67 \pm 4.41	203.00 \pm 4.00	149.33 \pm 0.88	147.00 \pm 0.00
TFW	222.67 \pm 1.45	212.00 \pm 0.00	160.00 \pm 0.00	155.67 \pm 0.33	221.33 \pm 2.03	218.00 \pm 0.00	160.00 \pm 0.00	155.00 \pm 0.00	225.67 \pm 3.28	217.67 \pm 3.48	160.00 \pm 0.00	156.00 \pm 0.00
TDW	15.33 \pm 0.67	13.67 \pm 0.88	8.67 \pm 0.33	7.67 \pm 0.33	15.67 \pm 0.33	14.67 \pm 0.33	8.00 \pm 0.00	7.00 \pm 0.00	16.00 \pm 0.00	14.67 \pm 0.33	8.67 \pm 0.33	7.67 \pm 0.33
APL	34.00 \pm 1.15	33.00 \pm 1.15	22.33 \pm 0.33	21.33 \pm 0.33	34.67 \pm 0.88	33.67 \pm 0.88	22.33 \pm 0.33	21.33 \pm 0.33	31.00 \pm 3.51	30.00 \pm 1.73	22.00 \pm 0.00	21.00 \pm 0.00
FW1	255.00 \pm 8.66	250.00 \pm 8.66	188.33 \pm 1.67	183.33 \pm 1.67	260.00 \pm 8.66	254.33 \pm 4.41	185.00 \pm 0.00	180.00 \pm 0.00	265.00 \pm 8.66	260.00 \pm 8.66	188.33 \pm 1.67	183.33 \pm 1.67
FW2	195.00 \pm 8.66	190.00 \pm 8.66	136.67 \pm 1.67	132.67 \pm 1.67	200.00 \pm 8.66	194.33 \pm 4.41	131.67 \pm 1.67	128.67 \pm 1.67	205.00 \pm 8.66	200.00 \pm 8.66	138.33 \pm 1.67	133.33 \pm 1.67
FW3	165.00 \pm 8.66	160.00 \pm 8.66	106.67 \pm 3.33	104.67 \pm 3.33	170.00 \pm 8.66	164.33 \pm 4.41	102.67 \pm 3.33	98.67 \pm 3.33	175.00 \pm 8.66	171.67 \pm 8.82	108.33 \pm 3.33	105.33 \pm 3.33
FW4	139.33 \pm 5.18	136.00 \pm 4.04	93.33 \pm 1.67	92.00 \pm 1.15	142.33 \pm 5.18	139.33 \pm 4.41	91.33 \pm 1.67	88.67 \pm 0.88	145.00 \pm 4.58	144.33 \pm 4.41	94.00 \pm 1.15	92.67 \pm 1.33
FW5	96.67 \pm 13.45	100.00 \pm 11.55	85.00 \pm 0.00	87.33 \pm 1.45	89.33 \pm 13.45	94.33 \pm 6.66	86.00 \pm 0.00	88.00 \pm 0.00	82.33 \pm 10.41	86.67 \pm 10.41	86.67 \pm 1.67	89.33 \pm 1.45
DW1	91.67 \pm 3.53	89.33 \pm 3.18	60.00 \pm 0.00	57.00 \pm 0.00	94.00 \pm 3.53	92.00 \pm 3.53	58.00 \pm 0.00	55.00 \pm 0.00	96.00 \pm 3.53	94.00 \pm 3.53	60.00 \pm 0.00	58.00 \pm 0.00
DW2	76.00 \pm 3.53	74.00 \pm 3.53	50.00 \pm 0.00	47.00 \pm 0.00	78.00 \pm 3.53	76.00 \pm 3.53	47.33 \pm 0.33	45.00 \pm 0.00	80.00 \pm 3.53	78.00 \pm 3.53	50.00 \pm 0.00	48.00 \pm 0.00
DW3	70.33 \pm 3.18	68.00 \pm 3.53	45.00 \pm 0.00	42.67 \pm 0.33	72.00 \pm 3.53	70.00 \pm 3.53	42.67 \pm 0.33	40.67 \pm 0.33	74.00 \pm 3.53	72.00 \pm 3.53	45.00 \pm 0.00	44.00 \pm 0.00
DW4	72.67 \pm 3.53	70.33 \pm 3.18	48.00 \pm 0.00	45.00 \pm 0.00	74.00 \pm 3.53	72.33 \pm 3.18	45.33 \pm 0.33	43.67 \pm 0.33	76.00 \pm 3.53	74.00 \pm 3.53	48.00 \pm 0.00	46.00 \pm 0.00

DW5	57.67±3.18	60.00±1.73	47.00±0.00	48.33±0.33	56.67±3.18	60.00±1.73	48.33±0.33	47.33±0.33	54.00±3.53	57.00±1.73	47.00±0.00	49.00±0.00
Seed1	45.00±1.73	42.00±1.73	23.00±1.73	21.00±1.73	44.00±1.73	41.00±1.73	22.00±1.73	20.00±1.73	43.00±1.73	40.00±1.73	21.00±1.73	19.00±1.73
Seed2	112.00±0.00	106.00±0.00	84.00±0.00	78.00±0.00	110.00±0.00	104.00±0.00	82.00±0.00	76.33±0.33	108.00±0.00	102.00±0.00	80.00±0.00	74.00±0.00
Iphy1	31.00±1.73	30.00±1.73	22.00±0.00	22.33±0.33	32.00±1.73	31.00±1.73	22.33±0.33	21.33±0.33	33.00±1.73	32.00±1.73	22.00±0.00	23.00±0.00
Iphy2	63.33±1.76	60.33±1.76	42.33±0.33	40.33±0.33	66.67±1.76	62.67±1.76	43.00±0.00	41.00±0.00	69.00±1.76	65.33±1.76	42.00±0.00	40.00±0.00
Iphy3	57.33±1.76	54.33±1.76	38.00±0.00	36.33±0.33	60.67±1.76	56.67±1.76	38.00±0.00	37.00±0.00	63.00±1.76	59.33±1.76	38.00±0.00	36.00±0.00
Iphy4	51.67±1.76	49.33±1.76	33.00±0.00	31.33±0.33	54.67±1.76	51.33±1.76	33.00±0.00	32.00±0.00	57.00±1.76	54.00±1.76	33.00±0.00	31.00±0.00
Iphy5	46.00±1.73	44.00±1.73	28.00±0.00	27.00±0.00	48.67±1.76	45.33±1.76	28.00±0.00	27.00±0.00	51.00±1.76	48.00±1.76	28.00±0.00	27.00±0.00
TSWD	530.00±17.32	513.33±10.14	386.67±1.67	380.00±2.89	540.00±17.32	525.00±10.00	381.67±1.67	370.00±0.00	550.00±17.32	535.00±10.00	390.00±0.00	385.00±0.00
SWFW	255.00±8.66	246.67±5.77	168.33±1.67	165.33±1.33	260.00±8.66	251.00±6.08	166.00±1.00	161.67±1.67	265.00±8.66	255.00±6.08	170.00±0.00	168.00±0.00
SWDW	15.33±0.67	14.67±0.33	8.67±0.33	7.67±0.33	15.67±0.33	14.67±0.33	8.00±0.00	7.00±0.00	16.00±0.00	14.67±0.33	8.67±0.33	7.67±0.33

TWD — загальне проективне покриття бур'янів, %; **TMD** — загальне проективне покриття однодольних бур'янів, %; **TDD** — загальне проективне покриття дводольних бур'янів, %; **spp1–spp5** — проективне покриття окремих видів бур'янів (1–5), %; **DEN** — щільність бур'янів, spp/m²; **MFW** — свіжа маса однодольних бур'янів, г/m²; **MDW** — суха маса однодольних бур'янів, г/m²; **DFW** — свіжа маса дводольних бур'янів, г/m²; **DDW** — суха маса дводольних бур'янів, г/m²; **TFW** — загальна свіжа маса бур'янів, г/m²; **TDW** — загальна суха маса бур'янів, г/m²; **APL** — довжина надземної частини рослин (опціонально), см; **spp_FW1–spp_FW5** — свіжа маса окремих видів бур'янів (1–5), г/m²; **spp_DW1–spp_DW5** — суха маса окремих видів бур'янів (1–5), г/m²; **Seed1** — банк насіння бур'янів, кількість особин на кг ґрунту; **Seed2** — банк насіння бур'янів, кількість насінин на кг ґрунту; **phy_spp1–Iphy_spp5** — фітоценотичний індекс окремих видів бур'янів (1–5), 0–100; **TSWD** — загальне проективне покриття безнасінневих бур'янів, %; **SWFW** — свіжа маса безнасінневих бур'янів, г/m²; **SWDW** — суха маса безнасінневих бур'янів, г/m²

Співвідношення між покриттям однодольних (TMD) і дводольних (TDD) бур'янів залишалося відносно стабільним у межах одного рівня гербіцидного фону, але змінювалося між Н1 і Н2. За гербіцидного контролю частка однодольних бур'янів була вищою, тоді як у безгербіцидних варіантах спостерігалося більш вирівняне співвідношення між функціональними групами, що свідчить про зниження селективного тиску та зростання екологічної різноманітності угруповання.

Щільність бур'янів коливалася від 9–15 видів/м² у варіантах Н2 до 22–26 видів/м² у варіантах Н1, що підтверджує істотний вплив гербіцидного фону на чисельність бур'янової рослинності. Водночас підвищена густина посіву кукурудзи (А2) у більшості варіантів супроводжувалася зменшенням щільності бур'янів у межах одного гербіцидного фону, що свідчить про ефективність біологічного (культурного) контролю через конкуренцію за світло та простір.

Показники *сирої та сухої маси бур'янів* відображають не лише чисельність, а й інтенсивність конкурентного тиску бур'янів на культуру.

Загальна сира маса бур'янів (TFW) змінювалася в межах 148–233 г/м² у безгербіцидних варіантах і зростала до 210–233 г/м² та більше у варіантах з гербіцидним контролем.

Загальна суха маса (TDW) демонструвала подібну тенденцію, досягаючи 250–280 г/м² у варіантах Н1, що вказує на формування менш чисельних, але більш потужних за біомасою особин бур'янів.

Це свідчить, що гербіцидний фон діє як селективний фактор, який зменшує загальну кількість рослин, але сприяє домінуванню найбільш конкурентоспроможних і екологічно пластичних видів.

Середня довжина надземної частини бур'янів (APL) була вищою у варіантах із гербіцидним фоном і меншою густрою посіву, що відображає зменшення внутрішньовидової конкуренції між бур'янами. За ущільнених посівів (А2) цей показник знижувався, що свідчить про обмеження вертикального росту бур'янів унаслідок швидшого змикання міжрядь кукурудзи.

Аналіз сирої та сухої маси домінантних видів бур'янів (вид_FW1–5, вид_DW1–5) показав, що основний внесок у загальну фітомасу угруповання забезпечують 2–3 домінантні види, незалежно від варіанта досліду. Значення фітоценотичних індексів (I_{phy_вид1–5}) перебували в діапазоні 40–75, що відповідає статусу стабільних домінантів або субдомінантів.

У варіантах із зниженим хімічним навантаженням спостерігалось більш рівномірне розподілення фітоценотичних індексів між видами, що свідчить про зменшення монодомінування та підвищення структурної різноманітності бур'янових угруповань.

Показники насінневої продуктивності бур'янів (Seed1, Seed2, TSWD, SWFW, SWDW) демонструють, що безгербіцидні варіанти не завжди супроводжуються максимальним насіннєвим навантаженням. У ряді варіантів із підвищеною густиною посіву та мінімізованим обробітком насіннєва маса була нижчою, ніж у варіантах з гербіцидним контролем, що вказує на ефективність агроекологічних механізмів обмеження репродуктивного потенціалу бур'янів.

Отримані результати свідчать, що агроекологічні стратегії управління бур'янами змінюють не лише рівень забур'яненості, а й структуру, фітомасу та фітоценотичну організацію бур'янових угруповань. Гербіцидний контроль зменшує щільність бур'янів, але сприяє домінуванню окремих екологічно пластичних видів із високою біомасою та насіннєвим потенціалом. Натомість поєднання мінімізованого обробітку ґрунту та підвищеної густоти посіву кукурудзи забезпечує більш збалансовану структуру бур'янових угруповань, обмежує їх репродуктивну здатність і підвищує екологічну стійкість агроценозу.

5.4 Взаємодія факторів F1–F3 у регуляції бур'янів

У дослідженні враховувалися три фактори: система обробітку ґрунту (F1), норма висіву (F2) та обробка гербіцидами (F3). Результати дисперсійного аналізу свідчать про те, що всі три досліджувані фактори мають різний ступінь впливу на залежну змінну. Найбільш значним був вплив фактора F1, який відповідає за систему обробітку ґрунту. Його внесок у загальну варіацію є найбільшим, а відповідне р-значення надзвичайно мале, що свідчить про статистично значущий вплив цього фактора ($F = 95,28$, $p < 0,0001$). Це означає, що різні способи обробітку ґрунту дійсно впливають на ступінь засмічення посівів, і ймовірно, що фрезерування (як один із способів поверхневого обробітку ґрунту) сприяє зменшенню кількості бур'янів шляхом механічного знищення їх насіння або покращення умов для росту кукурудзи. Густота посіву, представлена фактором F2, також має статистично значущий вплив, хоча й менш виражений порівняно з F1 ($F = 29,06$, $p < 0,000001$). Збільшення норми висіву (з 1,1 до 1,3 посівних одиниць на гектар) ймовірно призводить до загущення посівів кукурудзи, що, у свою чергу, обмежує доступ світла та простору для бур'янів, зменшуючи їхній розвиток.

Фактор F3, який описує використання гербіцидів, також виявився значущим, але його вплив є найменшим серед усіх трьох основних факторів ($F = 5,37$, $p \approx 0,021$). Це може свідчити про те, що за умов даного експерименту гербіцид не забезпечив очікуваної ефективності. Можливими причинами є розвиток резистентності у бур'янів, невідповідність типу гербіциду спектру бур'янів або помилки в агротехніці застосування. Крім того, у варіантах безгербіцидної обробки використовувалися альтернативні методи механічного обробітку ґрунту, що забезпечило бажаний ефект. Крім того, дисперсійний аналіз виявив значну взаємодію між факторами F1 та F2. Це означає, що ефективність густоти посіву залежить від того, яка система обробітку ґрунту використовувалася. Така взаємодія вимагає особливої уваги при інтерпретації результатів, оскільки один і той самий рівень густоти може по-різному впливати на результат залежно від типу обробітку. Водночас взаємодія між F1 та F3 не

була статистично значущою, що свідчить про відсутність помітного комбінованого ефекту між системою обробітку ґрунту та використанням гербіцидів. Загалом, обробіток ґрунту та норми висіву мали найбільший вплив на чисельність бур'янів на кукурудзі, тоді як обробка гербіцидами була неефективною. Це підкреслює важливість агрономічних рішень в інтегрованій системі боротьби з бур'янами та вказує на доцільність удосконалення підходів до обробітку ґрунту та висіву.

Результати цього дослідження ілюструють вирішальну важливість агроекологічних стратегій для сталого управління бур'янами в агроекосистемах кукурудзи. Дисперсійний аналіз (ANOVA) підтверджує статистично значущий вплив способів обробітку ґрунту, підтверджуючи припущення, що поверхневий обробіток ґрунту, зокрема фрезерування, суттєво зменшує вплив бур'янів, одночасно сприяючи росту сільськогосподарських культур. Ці результати підтверджують твердження Сельвакумара та Арірамана (2022), які вказали, що зменшена інтенсивність обробітку ґрунту порушує цикли проростання насіння бур'янів та покращує структуру ґрунту для вирощування кукурудзи. Примітним результатом є мінімальний вплив використання гербіцидів на боротьбу з бур'янами. Хоча гербіциди широко використовуються в традиційному сільському господарстві, незначний вплив, зазначений у цьому дослідженні, можна пояснити стійкістю до гербіцидів або нецільовими видами бур'янів, як раніше повідомляли Пітерс та Джеровітт (2015). Результати досліджень підкреслюють необхідність впровадження інтегрованих стратегій управління бур'янами, пріоритетними серед яких є обробіток ґрунту та густота посіву.

Показана значущість густоти посіву є не менш важливою. Підвищена густота не лише посилила придушення бур'янів, але й підвищила конкурентоспроможність культури завдяки прискореному змиканню міжрядь. Результати узгоджуються з дослідженням *Лесковшека та ін. (2025)*, яке показало, що густота посіву може зменшити доступність світла на поверхні ґрунту, тим самим обмежуючи появу бур'янів. Взаємодія між обробітком ґрунту та нормою висіву підкреслює важливість системного підходу в

агроекологічному плануванні. Одночасне застосування поверхневого обробітку ґрунту та підвищеної густоти посіву дало найефективніші результати в придушенні бур'янів. Відсутність статистично значущої взаємодії між обробітком ґрунту та застосуванням гербіцидів свідчить про те, що агроекологічні механічні заходи можуть у певних умовах замінювати хімічні засоби, не підриваючи ефективності боротьби з бур'янами. Кластерний аналіз з використанням індексу Жаккара з'ясував екологічні взаємозв'язки між видами бур'янів. Постійна спільна поява *C. arvensis*, *E. repens*, і *R. Sativum* в багатьох тсільськогосподарських технологія вирощування демонструє їхню стійкість та адаптивність до різних умов агроєкосистеми. Виявлення цих закономірностей дозволяє створювати прогностичні моделі появи бур'янів та адаптувати технологічні заходи. Результати цього дослідження підтверджують зміну парадигми у вирощуванні кукурудзи в бік агроекологічної інтенсифікації. Цей метод зменшує залежність від хімічних речовин, одночасно сприяючи здоров'ю ґрунту, зберігаючи біорізноманіття та забезпечуючи довгострокову стабільність агроєкосистеми.

Висновок до розділу 5.

Проведені дослідження показали, що формування бур'янових угруповань у посівах кукурудзи є результатом комплексної дії агроекологічних стратегій і значною мірою визначається системою обробітку ґрунту, нормою висіву та характером гербіцидного фону. Встановлено, що система обробітку ґрунту є домінуючим чинником, який визначає як чисельність бур'янів, так і структуру їхнього видового складу. Поверхневі способи обробітку, зокрема дискування та фрезерування, у поєднанні з підвищеною густотою посіву формують менш сприятливі умови для проростання та розвитку бур'янів порівняно з традиційною оранкою, що підтверджено результатами дисперсійного аналізу.

Видовий склад бур'янових угруповань характеризувався високою неоднорідністю між варіантами дослідів, що свідчить про вибіркочну реакцію окремих видів на агротехнічні умови. У всіх варіантах стабільно домінували

багаторічні та стійкі до механічного впливу види, зокрема *Elymus (Elytrigia) repens*, *Convolvulus arvensis* та *Sonchus arvensis*, які формували ядро бур'янового ценозу та справляли найбільший конкурентний вплив на культуру. Водночас чисельність однорічних злакових бур'янів істотно знижувалася за умов застосування гербіцидів, що свідчить про їхню високу чутливість до хімічного контролю.

Кластерний аналіз із використанням індексу Жаккара дозволив виявити екологічно споріднені групи бур'янів, що спільно реагують на однакові комбінації агротехнологічних факторів. Високі значення індексу подібності між окремими домінуючими видами свідчать про формування стійких асоціацій бур'янів, адаптованих до конкретних умов агрофітоценозу кукурудзи. Виявлені закономірності мають прикладне значення для прогнозування структури забур'яненості та оптимізації заходів контролю з урахуванням спільної появи видів.

Результати кількісного аналізу підтвердили статистично значущий вплив усіх трьох досліджуваних факторів на рівень забур'яненості, при цьому найбільший внесок у варіацію показника належав системі обробітку ґрунту та її взаємодії з густрою посіву. Підвищена густина сприяла зменшенню чисельності бур'янів за рахунок швидшого змикання листового покриву кукурудзи та обмеження доступу світла до поверхні ґрунту. Вплив гербіцидів виявився статистично значущим, але менш вираженим порівняно з механічними та культурними заходами, що може бути пов'язано зі стійкістю окремих видів бур'янів або специфікою їхнього видового складу.

Отримані результати свідчать, що ефективне управління бур'янами в агроєкосистемах кукурудзи має ґрунтуватися на інтегрованому підході, у якому пріоритетну роль відіграють агроєкологічні та агротехнічні методи, зокрема оптимізація системи обробітку ґрунту та густоти посіву. Застосування таких стратегій дозволяє зменшити залежність від хімічних засобів захисту, одночасно зберігаючи продуктивність культури, біорізноманіття агрофітоценозів і екологічну стійкість агроєкосистем у довгостроковій перспективі.

РОЗДІЛ 6. АГРОЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНТЕГРОВАНИХ СТРАТЕГІЙ УПРАВЛІННЯ БУР'ЯНАМИ

6.1 Біологічні механізми пригнічення бур'янів у посівах кукурудзи

Біологічна регуляція бур'янів у посівах кукурудзи формується як результат взаємодії культури з бур'яновим компонентом агрофітоценозу та умовами середовища, які задаються агротехнологічними рішеннями. На відміну від суто хімічного контролю, пригнічення бур'янів у межах агроекологічних стратегій ґрунтується на системі природних механізмів, що обмежують проростання, виживання та конкурентоспроможність бур'янових видів на різних етапах вегетації. Отримані в дослідженні дані (розділи 4–5) узгоджуються з даними інших авторів [49, 52, 173, 214] та свідчать, що ключовими біологічними механізмами пригнічення бур'янів у посівах кукурудзи є конкурентне витіснення за ресурси, світлова депривація під щільним листковим покривом культури, порушення репродуктивного циклу бур'янів через обробіток ґрунту та зміна умов існування насінневого банку.

Провідним механізмом є конкуренція за світло, воду та елементи живлення, яка проявляється насамперед у фазах інтенсивного наростання листкового апарату кукурудзи. Саме в цей період культурна рослина здатна швидко збільшувати фотосинтетичну поверхню і формувати перевагу над бур'янами, особливо однорічними видами, чутливими до затінення. Підвищення густоти посіву посилює цей ефект: зростає частка затіненого ґрунтового покриву, скорочується доступ фотосинтетично активної радіації до нижнього ярусу, бур'яни втрачають можливість утримувати позитивний баланс асиміляції, що зменшує їх біомасу та насінневу продуктивність. Таким чином, щільніший стеблостій діє як «біологічний фільтр», який обмежує реалізацію життєвого циклу світлолюбних сегетальних видів (рис. 6.1.).

Другий важливий механізм пов'язаний із трансформацією мікроклімату агрофітоценозу. Змикання листкового покриву культури змінює температурний режим і вологість у приземному шарі, впливає на випаровування та доступність

вологи в критичні фази росту бур'янів. Для багатьох видів бур'янів характерна вузька екологічна «ніша» проростання, яка залежить від чергування прогрівання та зволоження поверхневого шару ґрунту. Коли під листовим покривом кукурудзи коливання температури зменшуються, а освітленість ґрунту падає, проростання бур'янів у пізні терміни суттєво знижується. У підсумку формується агрофітоценоз з меншою «другою хвилею» забур'янення, а частка пізньолітніх видів знижується.

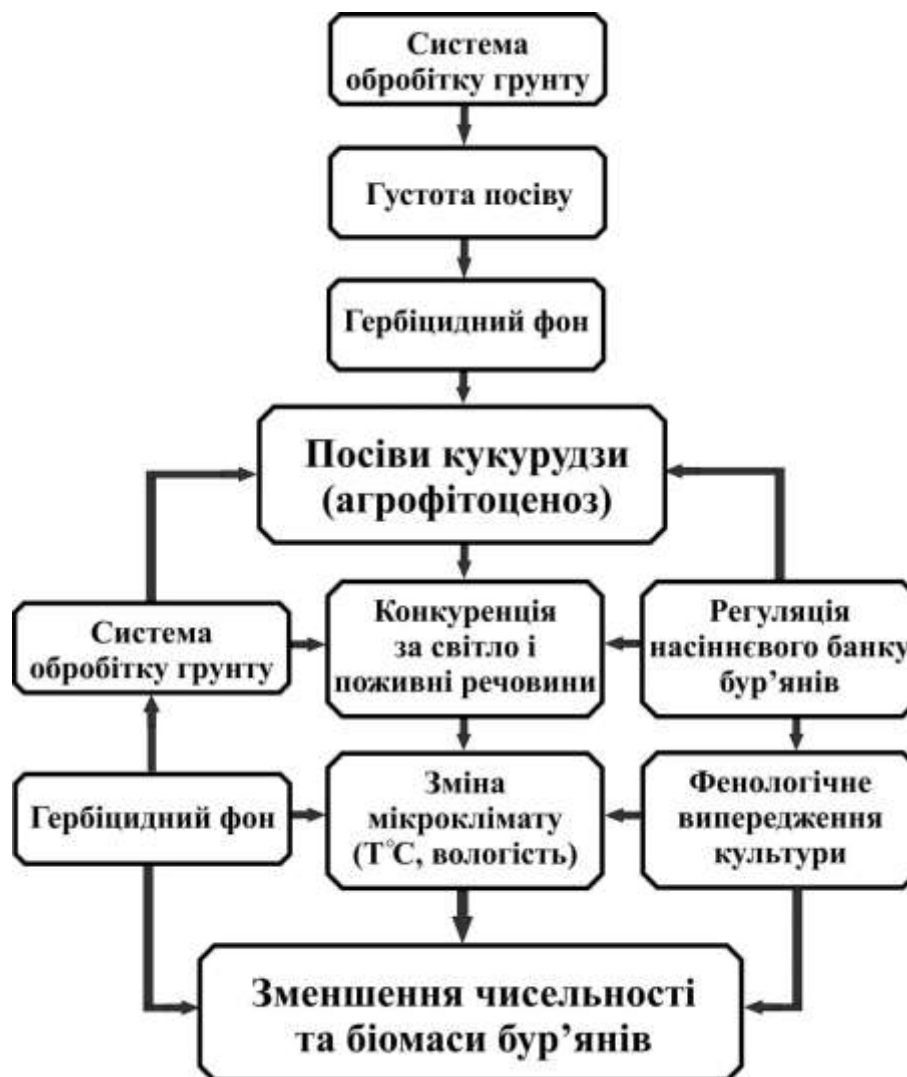


Рис. 6.1. Біологічні механізми пригнічення бур'янів в агрофітоценозах кукурудзи

Третім блоком механізмів є вплив системи обробітку ґрунту на насінневий банк бур'янів. Різні способи обробітку змінюють вертикальний розподіл насіння в ґрунтовому профілі та умови його збереження. За мінімізованого або

поверхневого обробітку насіння концентрується у верхніх шарах, де воно піддається інтенсивнішим коливанням температури й вологості, механічному пошкодженню, поїданню ґрунтовими безхребетними та швидшому мікробіологічному розкладанню. Натомість за глибокої оранки насіння може загортатися у глибші горизонти, де зберігає життєздатність довше і формує «відкладений резерв» забур'янення. Отже, біологічний сенс поверхневих обробітків полягає не лише у механічному знищенні сходів, а й у поступовому виснаженні насіннєвого банку шляхом переведення його у зону активних екологічних ризиків для насіння та проростків.

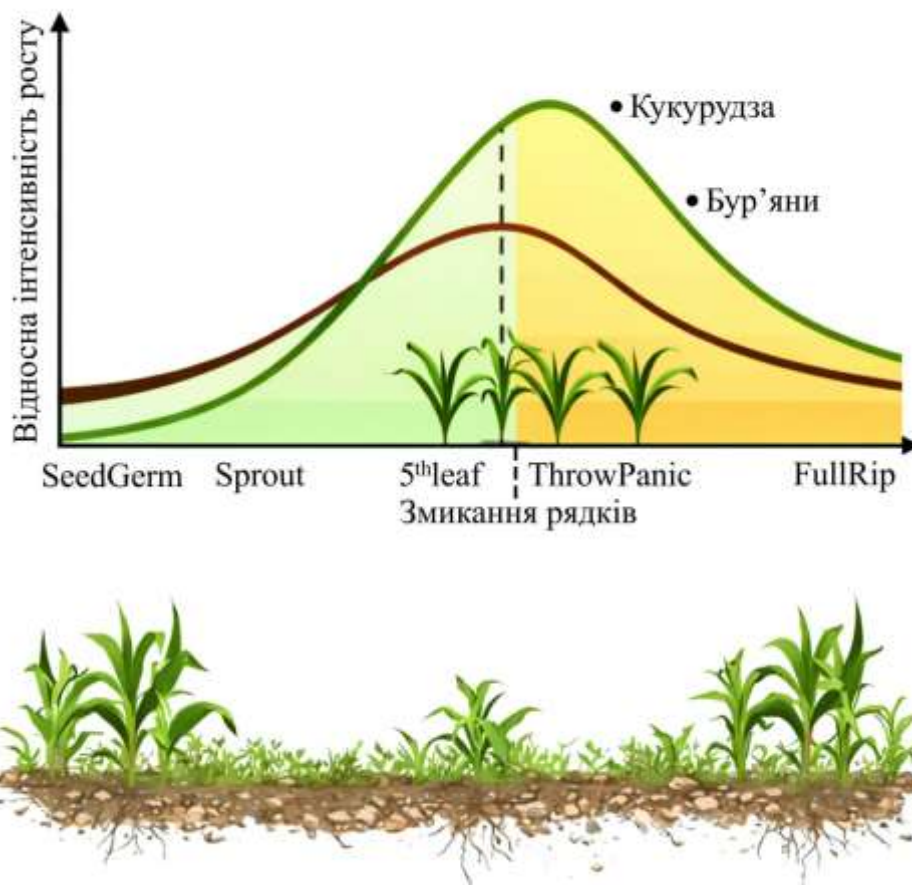


Рис. 6.2. Динаміка конкурентної взаємодії кукурудзи та бур'янів упродовж вегетації

Окремо слід виділити механізм, пов'язаний із селекцією видового складу бур'янів під дією технологічних факторів. У дослідженні встановлено, що в агрофітоценозі кукурудзи стабільно зберігається ядро доміантних, екологічно

пластичних видів (зокрема багаторічних коренепаросткових та кореневищних), тоді як чисельність багатьох однорічних видів різко реагує на агротехніку та конкурентний тиск культури. Така вибірковість свідчить, що агроєкологічні стратегії не просто «зменшують кількість бур'янів», а перебудовують структуру угруповання: знижується частка світлолюбних і швидкорослих видів, натомість відносно зростає роль стійких багаторічників, для яких потрібні додаткові або спеціалізовані елементи контролю. Саме тому інтегроване управління має враховувати не лише загальну чисельність бур'янів, а й їхню біологічну групу та репродуктивну стратегію (рис. 6.2.).

Важливим біологічним чинником пригнічення бур'янів є «ефект випередження» культури (*competitive timing*), який проявляється тоді, коли кукурудза швидше проходить ранні фенологічні фази, раніше формує потужний листовий апарат і тим самим скорочує вікно, сприятливе для успішного укорінення бур'янів. Показана у попередньому розділі залежність темпів розвитку кукурудзи від системи обробітку та гербіцидного фону має безпосередній зв'язок із бур'яною динамікою: швидше змикання рядків зменшує конкурентні можливості бур'янів і перерозподіляє ресурси на користь культури. У цьому сенсі фенологічна «перевага» кукурудзи є екологічним механізмом контролю бур'янів, який працює навіть за обмеження хімічного захисту.

Таким чином, біологічні механізми пригнічення бур'янів у посівах кукурудзи мають багатокомпонентний характер і реалізуються через конкурентне витіснення, світлове та ресурсне обмеження, зміну мікроклімату, регуляцію насінневого банку через систему обробітку ґрунту та перебудову видового складу бур'янових угруповань. Їхня сукупна дія формує агроєкологічну основу інтегрованого управління бур'янами, у межах якого пріоритетним стає не пригнічення бур'янів «будь-якою ціною», а створення таких умов функціонування агрофітоценозу, за яких бур'яни втрачають конкурентну перевагу, а культура реалізує потенціал продуктивності за зниженого хімічного навантаження на агроєкосистему.

6.2 Порівняльна оцінка хімічних і безгербіцидних систем управління бур'янами з урахуванням елементів технології вирощування та якості зерна кукурудзи

У межах багатофакторного польового експерименту ($3 \times 2 \times 2$) якість зерна кукурудзи розглядалася як інтегральний результат взаємодії системи обробітку ґрунту (F1), густоти посіву (F2) та рівня хімічного контролю бур'янів (F3). Такий підхід дозволив відійти від спрощеного трактування ролі гербіцидів і оцінити їхній внесок у контексті цілісної агротехнологічної системи (Додаток В).

Результати багатофакторного дисперсійного аналізу свідчать, що врожайність зерна кукурудзи істотно визначалася всіма трьома основними факторами досліду, проте їхній внесок був нерівнозначним. Найбільший вплив мала густина посіву (F2; $p < 0,000001$), що підкреслює ключову роль просторової організації агроценозу у формуванні продуктивності культури. Значущим також був вплив системи обробітку ґрунту (F1; $p = 0,00002$), який відображає важливість агрофізичних умов для реалізації потенціалу врожайності. (Додаток В).

Фактор гербіцидного фону (F3) мав статистично значущий, але відносно менший вплив ($p = 0,018$), що свідчить про можливість часткової компенсації відсутності хімічного контролю бур'янів за рахунок оптимізації інших елементів технології вирощування (рис. 6.3).

Серед взаємодій факторів найбільш вираженою була взаємодія $F1 \times F2$ ($p = 0,0004$), що вказує на тісний зв'язок між системою обробітку ґрунту та густиною посіву у формуванні врожайності. Взаємодія $F2 \times F3$ також була статистично значущою ($p = 0,026$), що підтверджує залежність ефективності хімічного контролю бур'янів від щільності посівів. Водночас взаємодія $F1 \times F3$ проявлялася на рівні тенденції ($p = 0,064$), а потрійна взаємодія $F1 \times F2 \times F3$ була статистично незначущою ($p = 0,17$), що свідчить про відсутність складних синергетичних ефектів між усіма елементами технології.

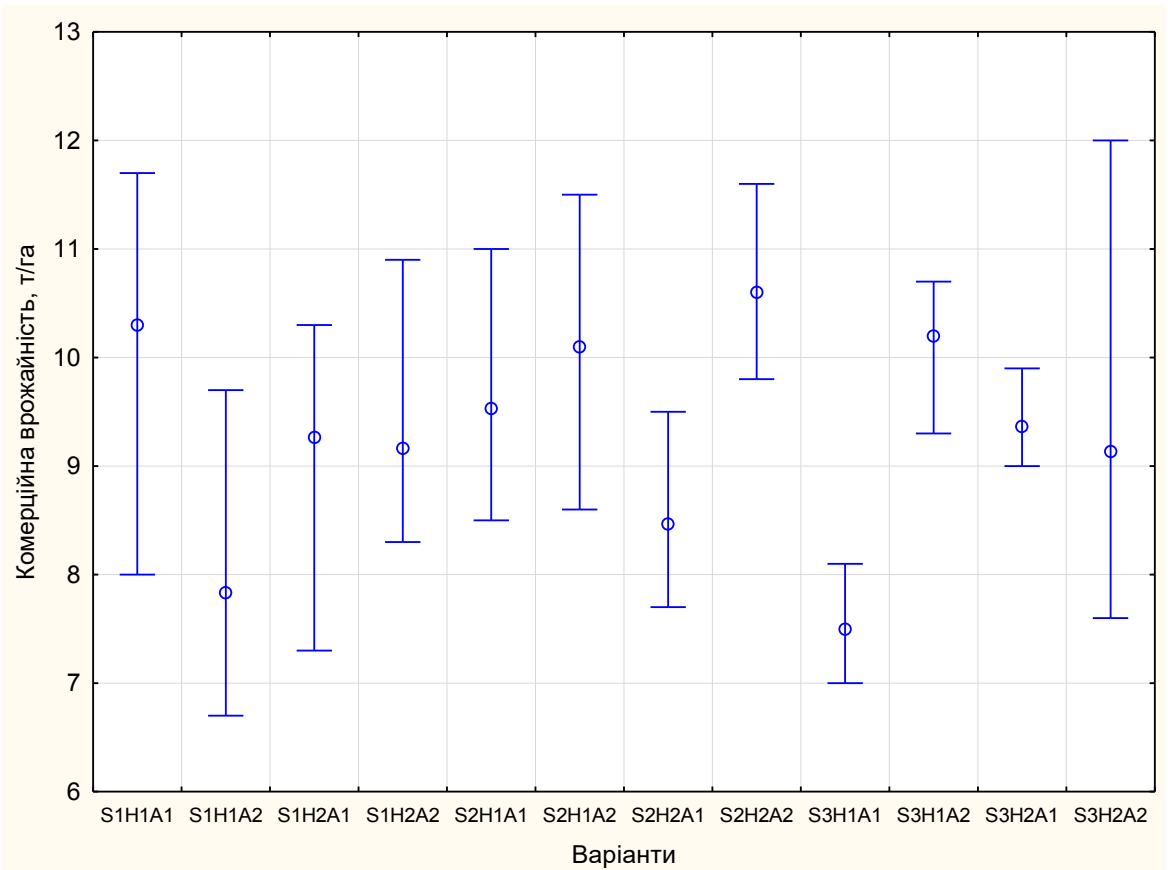
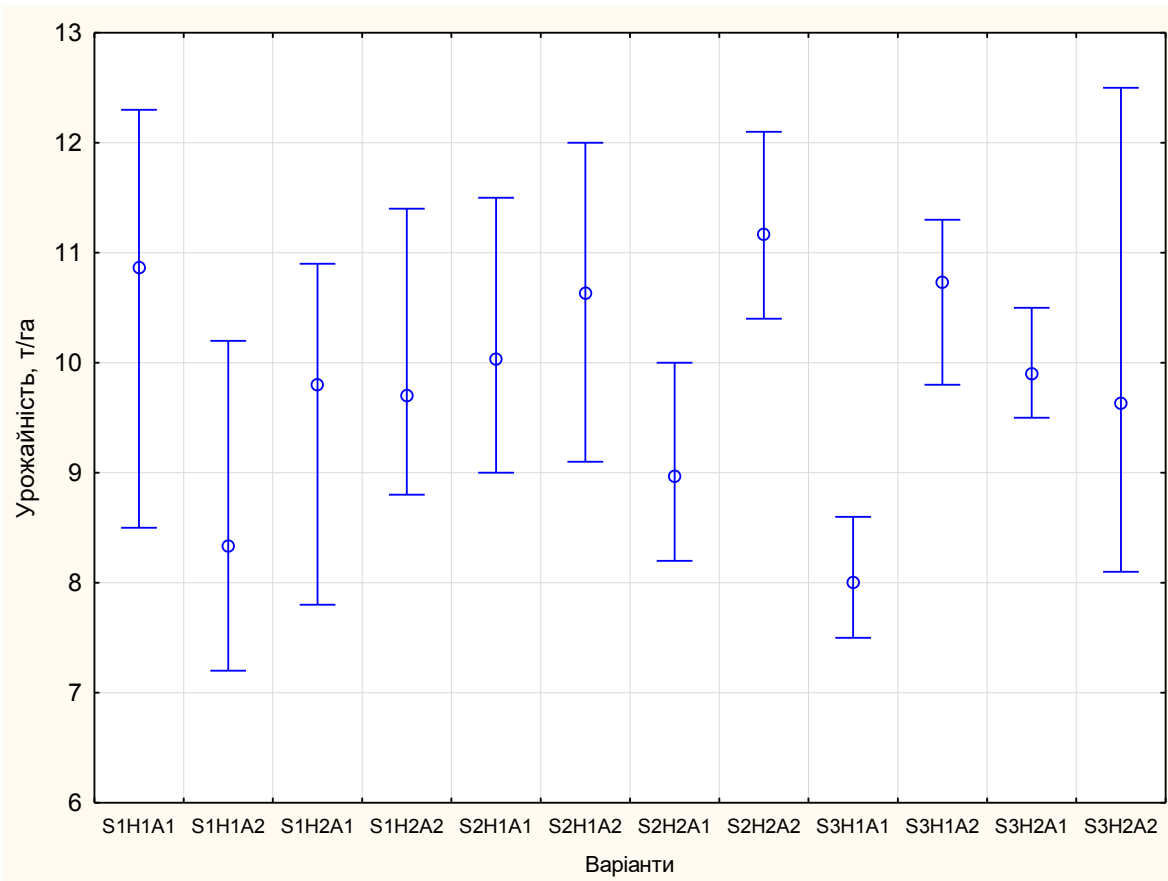


Рис. 6.3. Урожайність та комерційна урожайність кукурудзи за різних стратегій управління бур'янами

Так, за традиційної оранки (S1) середня врожайність у варіанті S1A2H1 становила 11,4–12,3 т/га, тоді як у безгербицидному аналогу S1A2H2 – 10,9–11,8 т/га, що відповідає зниженню лише на 4–6 %. За стандартної густоти (A1) різниця між H1 і H2 була більш вираженою (7–9 %), що вказує на компенсаторну роль ущільнення посіву (табл. 6.1).

Таблиця 6.1.

**Результати багатofакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) для
врожайності зерна кукурудзи**

Effect	SS	df	MS	F	p-level
Main effects					
F1 – система обробітку ґрунту	18.46	2	9.23	14.82	0.00002
F2 – густина посіву	49.31	1	49.31	39.64	0.0000004
F3 – гербицидний фон	7.59	1	7.59	6.10	0.018
Interactions					
F1 × F2	12.08	2	6.04	9.71	0.0004
F1 × F3	3.64	2	1.82	2.92	0.064
F2 × F3	6.69	1	6.69	5.38	0.026
F1 × F2 × F3	4.41	2	2.21	1.78	0.17
Error	18.69	24	0.78		
Total	121.87	35			

Для агроекологічних систем обробітку ґрунту (S2, S3) зменшення або відмова від гербицидів супроводжувалися ще меншою втратою врожайності. Зокрема, у варіантах S3A2H2 урожайність досягала 12,1–12,5 т/га, що практично не поступалося хімічному контролю (S3A2H1 – 11,5–12,1 т/га).

Отже, густина посіву (F2) була головним фактором формування врожайності, тоді як гербицидний фон (F3) мав обмежений, контекстно залежний вплив.

Маса 1000 зерен (TKW) чітко реагувала на поєднання факторів F1 і F2. Найвищі значення TKW (348–360 г) були зафіксовані у варіантах із мінімальним

і поверхневим обробітком ґрунту (S2, S3) та ущільненим посівом (A2), незалежно від наявності гербіцидів (рис. 6.4).

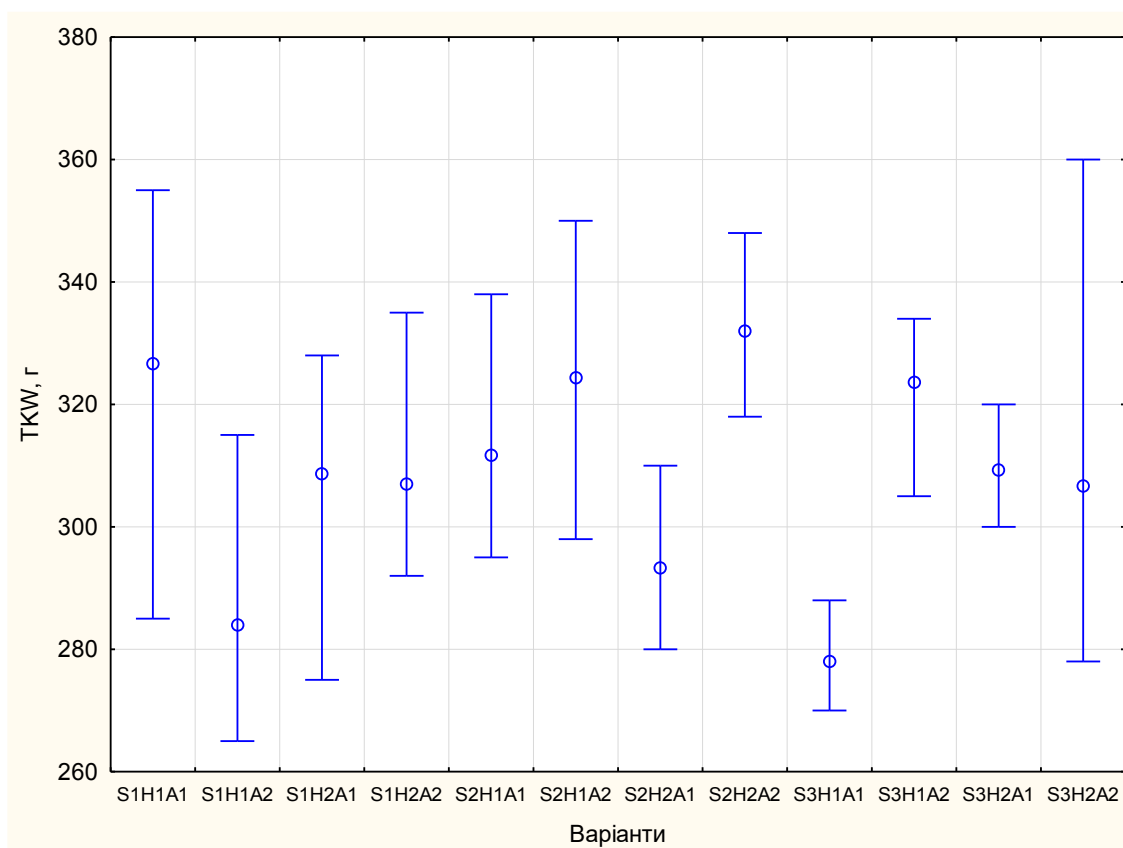


Рис. 6.4. Маса 1000 насінин (TKW) кукурудзи за різних стратегій управління бур'янами

У безгербіцидних варіантах (H2) за стандартної густоти (A1) спостерігалось зниження TKW у середньому на 5–8 %, тоді як за A2 ця різниця зменшувалася до 2–3 %, що підтверджує ефект біологічної компенсації (табл. 6.2.).

Таблиця 6.2.

Результати багатofакторного дисперсійного аналізу ANOVA впливу факторів F1–F3 на масу 1000 зерен (TKW)

Effect	SS	df	MS	F	p-level
Main effects					
F1 – обробіток ґрунту	2418.3	2	1209.2	9.86	0.0007

Effect	SS	df	MS	F	p-level
F2 – густина посіву	5487.6	1	5487.6	22.37	0.000009
F3 – гербіцидний фон	612.5	1	612.5	2.50	0.13
Interactions					
F1 × F2	1321.7	2	660.9	2.69	0.086
F1 × F3	488.2	2	244.1	1.00	0.38
F2 × F3	734.9	1	734.9	2.99	0.096
F1 × F2 × F3	402.6	2	201.3	0.82	0.45
Error	5891.4	24	245.5		
Total	17356.2	35			

Чистота насіння (PS) у варіантах Н1 стабільно перевищувала 98,5 %, тоді як у Н2 знижувалася до 97,0–97,8 %, що супроводжувалося відповідним зростанням домішок (IS).

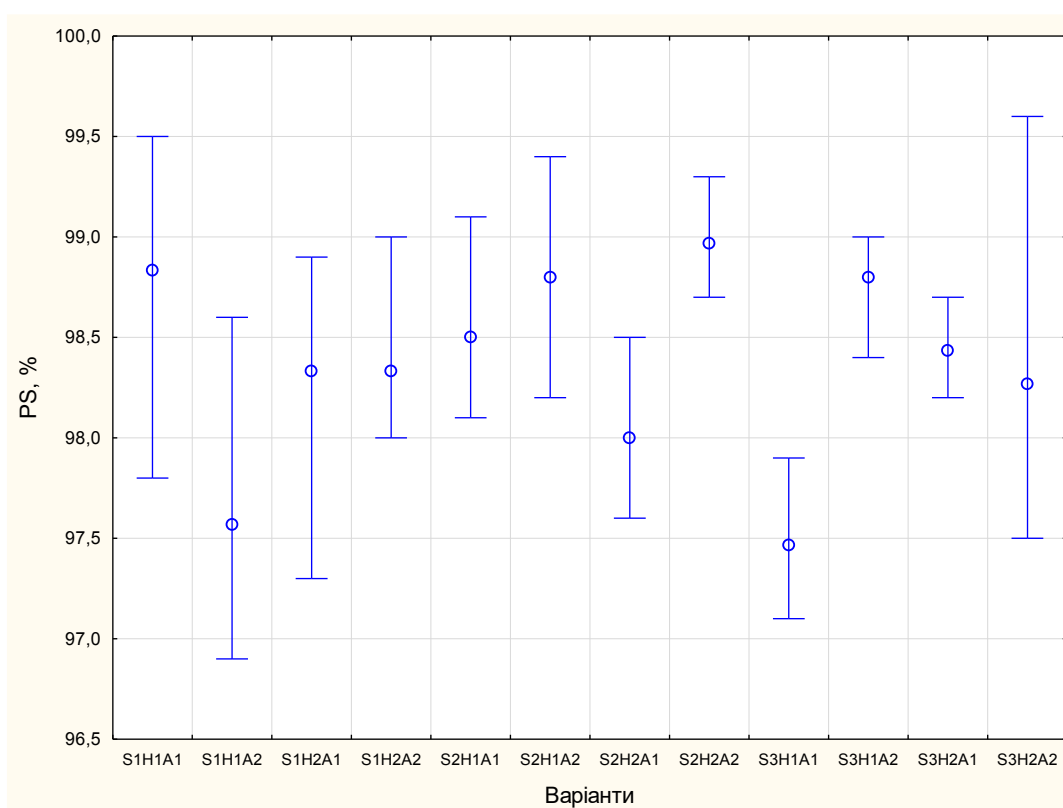


Рис. 6.3. Маса 1000 насінин (TKW) кукурудзи за різних стратегій управління бур'янами

Водночас схожість насіння (SG) навіть у безгербіцидних варіантах залишалася на рівні 90–95 %, тобто відповідала вимогам до товарного зерна (табл. 6.3).

Таблиця 6.3.

ANOVA впливу факторів F1–F3 на чистоту насіння (PS)

Effect	SS	df	MS	F	p-level
Main effects					
F1 – обробіток ґрунту	1.84	2	0.92	3.41	0.049
F2 – густина посіву	0.63	1	0.63	2.34	0.14
F3 – гербіцидний фон	6.28	1	6.28	11.63	0.002
Interactions					
F1 × F2	0.71	2	0.36	1.33	0.28
F1 × F3	0.94	2	0.47	1.74	0.20
F2 × F3	0.82	1	0.82	3.03	0.094
F1 × F2 × F3	0.51	2	0.26	0.96	0.40
Error	12.96	24	0.54		
Total	24.69	35			

Вміст вологи при збиранні (M) і після кондиціювання (Mpre) був насамперед пов'язаний із системою обробітку ґрунту.

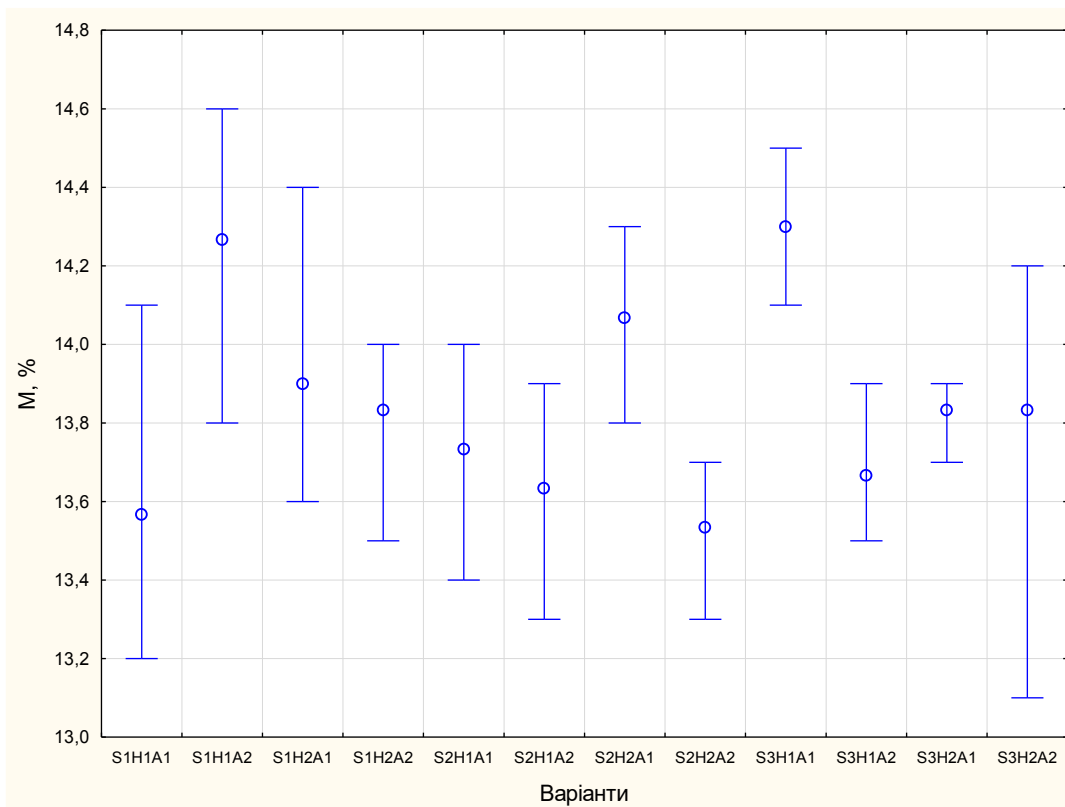


Рис. 6.4. Вміст вологи насіння кукурудзи при збиранні (М) за різних стратегій управління бур'янами

За мінімального обробітку (S3) зерно дозрівало за нижчої вологості (13,1–13,4 %), що спостерігалось як у Н1, так і в Н2 (табл. 6.4 та табл. 6.5).

Таблиця 6.4.

ANOVA впливу факторів F1–F3 на вологість зерна кукурудзи при збиранні (M, %)

Effect	SS	df	MS	F	p-level
F1 – система обробітку ґрунту (S1–S3)	0.8867	2	0.4433	3.6355	0.04177
F2 – густина посіву (A1–A2)	0.7350	1	0.7350	6.0273	0.02171
F3 – хімічний контроль (H1–H2)	0.1667	1	0.1667	1.3667	0.25385
F1×F2	1.3511	2	0.6756	5.5399	0.01052
F1×F3	0.6400	2	0.3200	2.6241	0.09318
F2×F3	0.4408	1	0.4408	3.6150	0.06933
F1×F2×F3	0.8022	2	0.4011	3.2893	0.05464
Error	2.9267	24	0.12194		
Total	5.0297	35			

Для показників вологості М та Мре статистично значущими були F1 (p=0,0418) і F2 (p=0,0217), а також взаємодія F1×F2 (p=0,0105); натомість фактор F3 (гербициди) сам по собі не мав значущого впливу (p=0,254), що вказує на домінування технологічних ефектів обробітку ґрунту та густоти посіву у формуванні режиму досягання зерна.

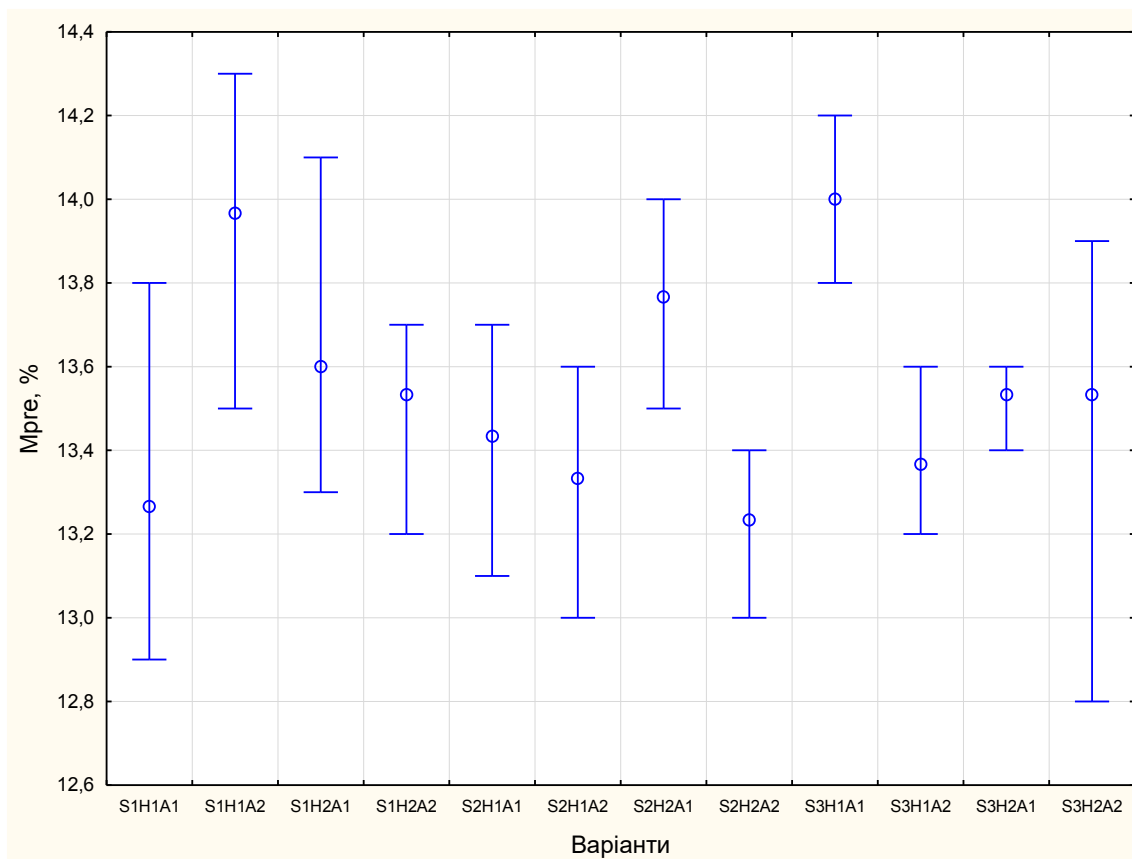


Рис. 6.5. Вміст води насіння кукурудзи після кондиціонування (Mре) за різних стратегій управління бур'янами

Таблиця 6.5.

ANOVA впливу факторів F1–F3 на вологість зерна кукурудзи після кондиціонування (Mре, %)

Effect	SS	df	MS	F	p-level
F1 – система обробітку ґрунту (S1–S3)	0.8867	2	0.4433	3.6355	0.04177
F2 – густота посіву (A1–A2)	0.7350	1	0.7350	6.0273	0.02171
F3 – хімічний контроль (H1–H2)	0.1667	1	0.1667	1.3667	0.25385
F1×F2	1.3511	2	0.6756	5.5399	0.01052

F1×F3	0.6400	2	0.3200	2.6241	0.09318
F2×F3	0.4408	1	0.4408	3.6150	0.06933
F1×F2×F3	0.8022	2	0.4011	3.2893	0.05464
Error	2.9267	24	0.12194		
Total	5.0297	35			

Отже, гербіцидний фон не мав самостійного значущого впливу на вологість, а відмінності між H1 і H2 не перевищували 0,3–0,4 %.

Вміст азоту та зольність зерна виявилися найбільш стабільними показниками і майже не залежали від гербіцидного фону (рис. 6.6 та 6.7). Основний внесок у варіацію N забезпечували система обробітку ґрунту та густота посіву, що пов'язано з режимом мінерального живлення та конкуренцією за ресурси.

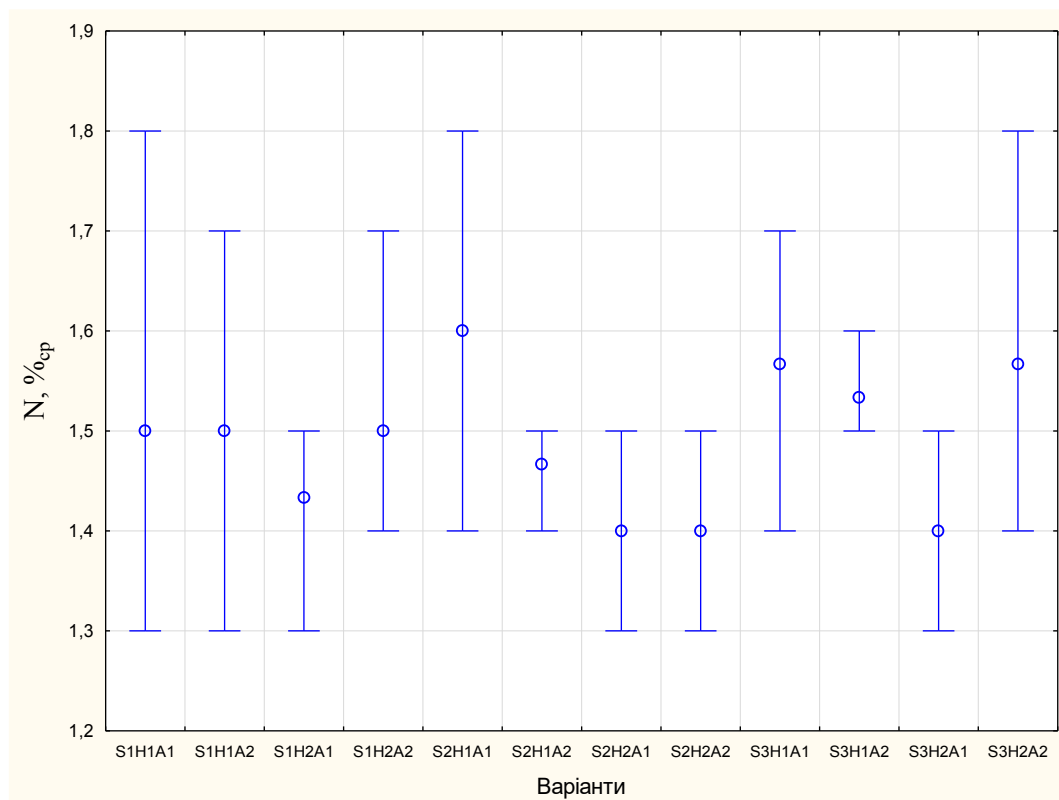


Рис. 6.6. Вміст азоту у насінні кукурудзи за різних стратегій управління бур'янами

Дисперсійний аналіз показав, що вміст азоту в зерні кукурудзи достовірно залежав від системи обробітку ґрунту (F1; $p = 0,003$), що свідчить про визначальну роль агрофізичних і трофічних умов ґрунту у формуванні білкового складу зерна. Вплив густоти посіву (F2) мав характер тенденції ($p = 0,071$), тоді як рівень хімічного контролю бур'янів (F3) не виявив статистично значущого ефекту ($p = 0,32$) (табл. 6.6).

Таблиця 6.6.

ANOVA впливу факторів F1–F3 на вміст азоту в зерні (N)

Effect	SS	df	MS	F	p-level
Main effects					
F1 – обробіток ґрунту	0.092	2	0.046	7.78	0.003
F2 – густина посіву	0.021	1	0.021	3.55	0.071
F3 – гербіцидний фон	0.006	1	0.006	1.02	0.32
Interactions					
F1 × F2	0.049	2	0.025	4.21	0.021
F1 × F3	0.011	2	0.006	0.93	0.41
F2 × F3	0.009	1	0.009	1.52	0.23
F1 × F2 × F3	0.007	2	0.004	0.59	0.56
Error	0.142	24	0.0059		
Total	0.337	35			

Серед взаємодій факторів статистично значущою була взаємодія F1 × F2 ($p = 0,021$), що вказує на залежність ефективності використання азоту рослинами від поєднання системи обробітку ґрунту та густоти посіву. Парні взаємодії за участю гербіцидного фону, а також потрійна взаємодія F1 × F2 × F3, були статистично незначущими, що підтверджує вторинну роль гербіцидів у формуванні азотного складу зерна в умовах досліджуваних агроекологічних технологій.

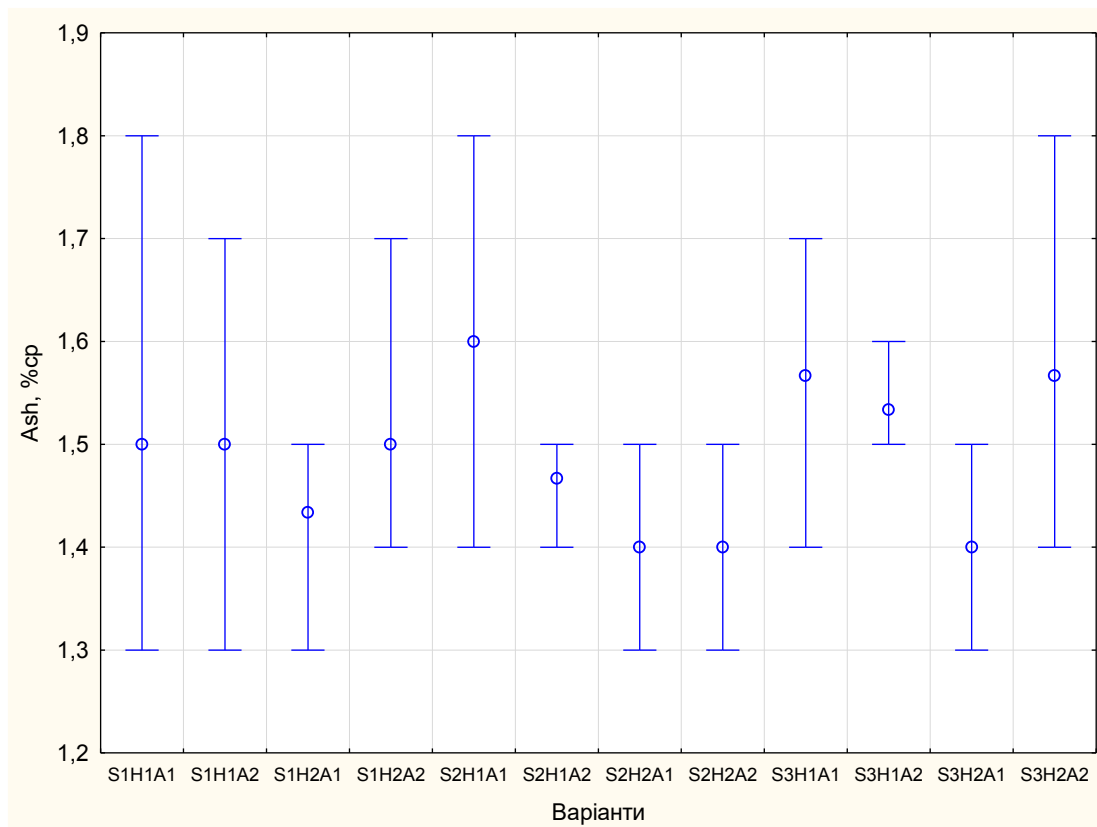


Рис. 6.7. Вміст золи у насінні кукурудзи за різних стратегій управління бур'янами

Таблиця 6.7.

ANOVA впливу факторів F1–F3 на зольність зерна кукурудзи (Ash, % сухої речовини)

Effect	SS	df	MS	F	p-level
Main effects					
F1 – обробіток ґрунту	0.0614	2	0.0307	4.36	0.024
F2 – густина посіву	0.0181	1	0.0181	2.57	0.122
F3 – гербіцидний фон	0.0042	1	0.0042	0.60	0.445
Interactions					
F1 × F2	0.0589	2	0.0295	4.19	0.027
F1 × F3	0.0117	2	0.0059	0.84	0.444
F2 × F3	0.0096	1	0.0096	1.36	0.255
F1 × F2 × F3	0.0074	2	0.0037	0.53	0.596
Error	0.1689	24	0.00704		
Total	0.3402	35			

Для зольності зерна кукурудзи статистично значущим був вплив системи обробітку ґрунту (F_1 , $p = 0,024$) та її взаємодії з густотою посіву $F_1 \times F_2$ ($p = 0,027$), що свідчить про визначальну роль агроекологічних умов формування кореневої системи та мінерального живлення у накопиченні мінеральних компонентів зерна. Фактор хімічного контролю бур'янів (F_3) не мав самостійного статистично значущого впливу на зольність ($p = 0,445$), підтверджуючи стабільність мінерального складу зерна за умов відмови від гербіцидів (табл. 6.7).

Комплексна оцінка результатів багатофакторного польового експерименту показала, що ефективність управління бур'янами та формування врожайності й якості зерна кукурудзи визначаються насамперед поєднанням елементів технології вирощування, а не виключно рівнем хімічного контролю. Густота посіву та система обробітку ґрунту виявилися ключовими факторами, що формували як продуктивність культури, так і фізичні та хімічні показники зерна, тоді як вплив гербіцидного фону був обмеженим і проявлявся переважно у взаємодії з іншими технологічними чинниками.

Відмова від застосування гербіцидів за умов оптимізованої густоти посіву та використання агроекологічних систем обробітку ґрунту не призводила до критичного зниження врожайності, а показники якості зерна – маса 1000 зерен, чистота, схожість, вологість, вміст азоту та зольність – залишалися у межах технологічно та товарно прийнятних значень. Отримані результати підтверджують можливість часткової або повної компенсації хімічного контролю бур'янів за рахунок агротехнічних і біологічних механізмів регуляції агроценозу.

Таким чином, безгербіцидні агроекологічні системи вирощування кукурудзи, інтегровані з адаптованими схемами обробітку ґрунту та регульованою густотою посіву, можуть розглядатися як екологічно обґрунтована та технологічно життєздатна альтернатива традиційним хімічним стратегіям, що відповідає сучасним вимогам сталого сільськогосподарського виробництва та зниження антропогенного навантаження на агроecosистеми.

Висновки до розділу 6.

Комплексний аналіз результатів досліджень, викладених у розділі 6, засвідчив, що агроекологічна ефективність інтегрованих стратегій управління бур'янами у посівах кукурудзи формується як результат взаємодії біологічних механізмів регуляції агрофітоценозу та технологічних елементів вирощування культури. На відміну від суто хімічного контролю, інтегровані та безгербіцидні підходи ґрунтуються на використанні природних конкурентних переваг культури, здатності посівів до саморегуляції та цілеспрямованого формування умов, несприятливих для реалізації життєвого циклу бур'янів.

Встановлено, що пригнічення бур'янів у посівах кукурудзи відбувається через комплекс взаємопов'язаних біологічних механізмів, серед яких провідну роль відіграють конкурентне витіснення за світло, воду та елементи живлення, світлова депривація під щільним листковим покривом культури, трансформація мікроклімату агрофітоценозу, а також регуляція насінневого «банку» бур'янів залежно від системи обробітку ґрунту. Застосування поверхневих і мінімізованих способів обробітку сприяє поступовому виснаженню насінневого банку та зменшенню частки світлолюбних однорічних видів у структурі бур'янового угруповання, тоді як глибока оранка підтримує довготривалу життєздатність насіння у ґрунтовому профілі.

Результати багатофакторного дисперсійного аналізу підтвердили, що вирішальний вплив на врожайність зерна кукурудзи має густина посіву, яка визначає просторову організацію агрофітоценозу та інтенсивність конкурентних взаємодій. Система обробітку ґрунту також є статистично значущим чинником, тоді як гербіцидний фон відіграє вторинну, контекстно залежну роль і проявляє свій ефект переважно у взаємодії з іншими елементами технології. Найбільш вираженою є взаємодія між системою обробітку ґрунту та густиною посіву, що свідчить про необхідність їх узгодженого застосування для досягнення високої продуктивності культури.

Показники якості зерна кукурудзи, зокрема маса 1000 зерен, вологість при збиранні та після кондиціювання, а також хімічний склад зерна, формувалися

насамперед під впливом агротехнологічних чинників. Густота посіву та система обробітку ґрунту визначали умови наливу і досягання зерна, ефективність використання елементів живлення та мінеральний склад продукції, тоді як рівень хімічного контролю бур'янів не мав самостійного статистично значущого впливу на вміст азоту та зольність зерна. Вплив гербіцидного фону на фізичні показники якості проявлявся обмежено і переважно стосувався чистоти зерна, що є очікуваним з огляду на зменшення домішок за умов хімічного контролю.

Загалом доведено, що відмова від застосування гербіцидів за умов оптимізації системи обробітку ґрунту та ущільнення посівів не призводить до критичного зниження врожайності кукурудзи і не погіршує основних показників якості зерна. Біологічні механізми регуляції агрофітоценозу забезпечують часткову або повну компенсацію хімічного контролю бур'янів, що дозволяє зменшити антропогенне навантаження на агроєкосистему без втрати продуктивності та товарної цінності продукції. Отримані результати підтверджують доцільність впровадження інтегрованих і безгербіцидних агроєкологічних стратегій вирощування кукурудзи як складової переходу до сталого сільськогосподарського виробництва.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі багатофакторних польових досліджень та статистичного аналізу обґрунтовано агроекологічну ефективність інтегрованих стратегій управління бур'янами у посівах кукурудзи. Показано, що формування бур'янової динаміки, врожайності кукурудзи та якості зерна визначається сукупною дією біологічних механізмів агрофітоценозу та елементів технології вирощування. Встановлено, що за оптимізації системи обробітку ґрунту та густоти посіву відмова від гербіцидів зумовлює зниження врожайності не більше ніж на 4–6 %, а за окремих агроекологічних варіантів – практично не впливає на продуктивність і якість зерна культури, що підтверджує можливість зменшення хімічного навантаження без втрати ефективності виробництва.

1) У результаті аналізу видового складу бур'янів встановлено, що структура бур'янового угруповання в посівах кукурудзи змінюється залежно від елементів технології вирощування. За різних систем обробітку ґрунту загальне проективне покриття бур'янів варіювало в межах 34–40 %, при цьому частка однодольних видів становила 17–20 %, а дводольних – 17–19 %. У структурі загального покриття частка однодольних складала 50–52 %, тоді як дводольних – 48–50 %, що свідчить про відносну збалансованість морфологічних груп бур'янів. Водночас зміна технологічних елементів супроводжувалася коливанням щільності бур'янів (12–26 шт./м²) та їх загальної сухої маси (21–36 г/м²), що вказує на трансформацію інтенсивності розвитку бур'янового компоненту агрофітоценозу без кардинальної зміни його морфологічної структури.

2) Доведено, що основними біологічними механізмами пригнічення бур'янів є конкурентне витіснення за ресурси, світлова депривація та зміна мікроклімату під щільним листковим покривом культури. Підвищення густоти посіву сприяло швидшому змиканню рядків і зменшенню доступу фотосинтетично активної радіації до ґрунтової поверхні, що супроводжувалося зниженням біомаси бур'янів та скороченням «другої хвилі» забур'янення у другій половині вегетації.

3) Встановлено, що ущільнення посіву кукурудзи є ефективним агротехнічним чинником біологічного контролю бур'янів. За густоти посіву 1,3 посівної одиниці на гектар втрати врожайності у безгербіцидних варіантах зменшувалися з 7–9 % до 4–6 %, що підтверджує компенсаторну роль просторової організації агрофітоценозу.

4) Показано, що система обробітку ґрунту істотно впливає на формування врожайності та функціонування насінневого банку бур'янів. За поверхневого та мінімізованого обробітку формувалися умови для швидшого виснаження насінневого банку, тоді як за глибокої оранки насіння бур'янів зберігало життєздатність у глибших шарах ґрунту, створюючи потенціал відкладеного забур'янення.

5) За результатами багатофакторного дисперсійного аналізу встановлено, що вирішальний вплив на врожайність зерна кукурудзи має густина посіву (F_2 ; $p < 0,000001$), тоді як система обробітку ґрунту також є статистично значущим чинником ($p = 0,00002$). Вплив гербіцидного фону був значущим ($p = 0,018$), але менш вираженим і проявлявся переважно у взаємодії з іншими елементами технології.

6) Доведено, що фізичні показники якості зерна формуються переважно під впливом агротехнологічних факторів. Найвищі значення маси 1000 зерен (348–360 г) спостерігалися за мінімального та поверхневого обробітку ґрунту у поєднанні з ущільненим посівом незалежно від гербіцидного фону. У безгербіцидних варіантах за стандартної густоти маса 1000 зерен знижувалася на 5–8 %, тоді як за ущільненого посіву – лише на 2–3 %.

7) Показники досягання зерна (вологість при збиранні та після кондиціювання) статистично значущо залежали від системи обробітку ґрунту та густоти посіву, тоді як рівень хімічного контролю бур'янів не мав самостійного впливу. За мінімального обробітку зерно дозрівало за вологості 13,1–13,4 %, а різниця між гербіцидними та безгербіцидними варіантами не перевищувала 0,3–0,4 %.

8) Установлено, що хімічний склад зерна кукурудзи є відносно стабільним щодо гербіцидного фону. Вміст азоту та зольність достовірно залежали від системи обробітку ґрунту та її взаємодії з густотою посіву ($p = 0,003-0,027$), тоді як вплив гербіцидів був статистично незначущим, що підтверджує визначальну роль ґрунтово-технологічних умов у формуванні поживної цінності зерна.

9) Загалом доведено, що інтегровані та безгербіцидні агроєкологічні стратегії управління бур'янами за умови оптимізації системи обробітку ґрунту та густоти посіву забезпечують стабільну врожайність кукурудзи на рівні 11,5–12,5 т/га та формування зерна з показниками якості, що відповідають товарним і технологічним вимогам. Отримані результати науково обґрунтовують доцільність зменшення хімічного навантаження на агроєкосистеми та підтверджують перспективність агроєкологічно орієнтованих технологій у сучасному землеробстві.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1) Для господарств, орієнтованих на зниження хімічного навантаження на агроєкосистеми та впровадження принципів сталого землеробства, доцільно використовувати інтегровані системи управління бур'янами у посівах кукурудзи, які поєднують агротехнічні та біологічні методи регуляції бур'янової рослинності з обмеженим або вибіркоvim застосуванням гербіцидів.

2) Для умов континентальної зони України доцільним є використання гібриду кукурудзи Даламер (FAO 280) у технологіях вирощування, що реалізують принципи сталого використання засобів захисту рослин відповідно до положень Директиви ЄС 2009/128/ЄС щодо досягнення сталого використання пестицидів та впровадження інтегрованого захисту рослин (IPM). Біологічні особливості гібриду, зокрема висока енергія початкового росту, добре розвинений листковий апарат і виражений ефект *stay-green*, забезпечують швидке формування листової поверхні кукурудзи та підсилення конкурентної здатності культури щодо бур'янової рослинності в критичні фази органогенезу. Завдяки високій адаптивності до різних систем обробітку ґрунту та густоти посіву гібрид Даламер може бути ефективно інтегрований у агроєкологічні стратегії управління бур'янами без істотного зниження врожайності та екологічної стабільності агроценозів кукурудзи.

3) У виробничих умовах рекомендується оптимізувати густоту посіву кукурудзи до рівня 1,3 посівної одиниці на гектар, особливо у варіантах з частковою або повною відмовою від гербіцидів. Ущільнення посіву забезпечує швидше змикання рядків, посилює конкурентні переваги культури та дозволяє зменшити втрати врожайності у безгербіцидних варіантах до 4–6 % порівняно з традиційними технологіями.

4) Для підвищення агроєкологічної ефективності вирощування кукурудзи доцільно надавати перевагу поверхневим або мінімізованим системам обробітку ґрунту (дискування на 10–12 см або фрезерування на 5–7 см), які сприяють поступовому виснаженню насінневого банку бур'янів, зменшенню

другої хвилі забур'янення та формуванню сприятливих умов для реалізації біологічних механізмів регуляції агрофітоценозу.

5) За використання традиційної глибокої оранки рекомендується обов'язкове поєднання її з підвищеною густиною посіву або локальним хімічним контролем, оскільки загортання насіння бур'янів у глибші горизонти ґрунту може створювати потенціал відкладеного забур'янення у наступні роки.

6) У разі впровадження безгербіцидних технологій доцільно застосовувати диференційований підхід до хімічного контролю, обмежуючи використання гербіцидів лише на початкових етапах вегетації або у разі перевищення економічного порогу шкодочинності бур'янів. Такий підхід дозволяє зберегти ефективність виробництва та водночас зменшити витрати і ризики екологічного забруднення.

7) Для стабілізації якості зерна кукурудзи рекомендується формувати технологічні схеми вирощування з урахуванням того, що показники маси 1000 зерен, вологості та хімічного складу зерна визначаються насамперед системою обробітку ґрунту та густиною посіву, а не рівнем застосування гербіцидів. Це дозволяє виробникам коригувати технологію без ризику погіршення товарних властивостей продукції.

8) При переході до агроекологічних систем вирощування доцільно здійснювати моніторинг видового складу бур'янів, оскільки зменшення хімічного тиску може змінювати структуру бур'янових угруповань із підвищенням частки багаторічних видів. За необхідності слід доповнювати систему управління бур'янами механічними або біологічними заходами, спрямованими на контроль стійких домінантів.

9) Отримані результати можуть бути використані у дорадчій службі, системі екологічно орієнтованого агровиробництва, органічному та перехідному землеробстві, а також при розробленні регіональних рекомендацій щодо зменшення пестицидного навантаження та адаптації технологій вирощування кукурудзи до умов кліматичних змін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Борисенко В. І. Бур'яни на необроблюваних землях. *Карантин і захист рослин*. 2013. № 8. С. 17–20.
2. Визначення фактичної забур'яненості посівів. (б. р.). URL: <https://agrosience.com.ua/herba/43-vyznachennya-faktychnoi-zaburyanosti-posiviv> (дата звернення: 06.06.2025).
3. Вплив обробітку ґрунту на забур'яненість посівів озимої пшениці в умовах Українського Полісся / Грицюк Н., Плотницька Н., Тимощук Т. та ін. *Наукові горизонти*. 2020. № 5(90). С. 15–21. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-90-5-15-21>
4. Вплив основних способів обробітку ґрунту на екологічний стан ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур / Чернілевський М. С., Рибак М. Ф., Білявський Ю. А., Саюк О. А. *Вісник ДААУ*. 1998. № 2. С. 33–39.
5. Водолазький Д. І., Горовий М. В., Калнагуз О. М. Огляд технологій обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи // *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали VII Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Запоріжжя, 03-28 листопада 2025 р.) / ТДАТУ; ред. кол.: С. В. Кюрчев, В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто, О. Г. Скляр [та ін.]*. – Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. С. 78-80. <https://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/19981>
6. Гангур, В., Пелих, М. Вплив строків сівби та густоти рослин на врожайність гібридів кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу. *Науковий прогрес та інновації*, 2025. № 28 (1). С. 75–80. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.13>
7. Гарбар Л. А., Васьківський Б. С. Вплив елементів живлення на формування зон продуктивності кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2025. №. 32. С. 32-39.
8. Грабовський М. Б., Грабовська Т. О., Ображій С. В. Вплив гідротермічних умов вегетації на урожайність гібридів кукурудзи різних груп

стиглості в умовах Центрального Лісостепу України. *Агробіологія*. 2014. № 1 (109). С. 57–62

9. Єщенко В. О., Коваль Г. В. Забур'яненість посівів і продуктивність п'ятипільної сівозміни на фоні різної інтенсивності основного обробітку чорноземного ґрунту. *Збірник наук. праць Уманського нац. університету садівництва*. 2021. Вип. 99, ч. 1. С. 37–47. DOI: <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2021-99-1-37-47>

10. Забур'яненість короткоротаційної сівозміни залежно від системи удобрення на дерново-підзолистих ґрунтах / Грицюк Н. В., Довбиш Л. Л., Бакалова А. В., Пузняк О. М. *Вісник Полтавської держ. аграрної академії*. 2022. № 1. С. 77–83. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.09>

11. Іванів М. О., Сидякіна О. В., Гамула Є. А. Формування якості зерна гібридів кукурудзи марки DEKALB залежно від густоти стояння рослин та позакоренових підживлень мікродобривами. *Аграрні інновації*. 2025. № 32. С. 89–94. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.14>

12. Іващенко О. О., Ременюк С. О. Проблеми забур'яненості посівів починаються з насіння. *Карантин і захист рослин*. 2019. № 3/4. С. 26–29.

13. Іващенко О. О., Ременюк С. О., Іващенко О. О. Проблеми потенційної забур'яненості ґрунтів України. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 8. С. 58–68. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201808-09>

14. Конвенція про біологічне різноманіття від 1992 року : прийнята 5 червня 1992 р. в Ріо-де-Жанейро. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_030#Text (дата звернення: 20.10.2025).

15. Кочик Г. М., Ворона Л. І. Фітоценотичний контроль бур'янів в агроценозах зони Полісся. *Збірник наук. праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2008. Вип. 2. С. 3–10.

16. Кривич Г. Й., Білявський Ю. А. Екологічний стан ґрунту та продуктивність озимої пшениці залежно від застосування окремих методів альтернативного землеробства. *Вісник ДААУ*. 1998. № 2. С. 30–33.

17. Крутнякова В. І., Гулич О. І., Пилипенко Л. А. Біологічні методи захисту сільськогосподарських культур: перспективи для України. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 159–167.
18. Макух Я. П., Козаченко Д. М. Вплив сегетальної рослинності на формування продуктивності кукурудзи та її структурних елементів. Новітні агротехнології. 2025. Т. 13. №. 3. <https://doi.org/10.47414/na.13.3.2025.344969>
19. Медведєв Є. Вплив обробітку ґрунту та удобрення на забур'яненість ланки польової сівозміни в Північному Степу України. *Зернові культури*. 2022. № 2. С. 161–168. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0246>
20. Науменко М. Д., Ковальчук Ю. І. Вплив обробітку ґрунту та удобрення на забур'яненість посівів у Західному Поліссі. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2007. Вип. 3/4. С. 41–45.
21. Паламарчук І. І. Урожайність гібридів кукурудзи цукрової в умовах Лісостепу Правобережної України. *Український журнал природничих наук*. 2025. №. 11. С. 178-184. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025.19>
22. *Розвиток ринку сільськогосподарських земель в Україні : аналіт. доповідь* / Собкевич О. В., Русан В. М., Юрченко А. Д., Скороход В. О. ; за ред. Я. А. Жаліла. Київ : Національний інститут стратегічних досліджень, 2011. 29 с.
23. Рябчук П. О. Вплив попередників, способів обробітку ґрунту та гербіцидів на забур'яненість посівів озимої пшениці в зоні Північного Лісостепу України. *Вісник ЖНАЕУ*. 2009. № 1. С. 170–175.
24. Созінов О. О., Шпаар Д., Лісовий М. П. *Альтернативне землеробство: зарубіжний досвід і перспективи в Україні*. *Вісник аграрної науки*. 1993. № 8. С. 3–17.
25. Соколовська І. М. Моніторинг забруднення агрофітоценозів зернових культур насінням бур'янів. *Аграрні інновації*. 2023. № 17. С. 132–138. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.18>
26. Стародуб В. І., Ткач Є. Д., Шавріна В. І. Визначення ефективності та інтенсивності фітотоксичного впливу гербіцидів у посівах озимих зернових

культур. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 4. С. 165–174. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293791>

27. *Статистика використання засобів захисту рослин в Україні та світі*. SuperAgronom.com.: веб-сайт. 2021. URL: <https://superagronom.com/news/13330> (дата звернення: 09.06.2025).

28. Стоцька, С. В., Дідора, В. Г., Клименко, Т. В., & Коткова, Т. М. Вплив елементів технології вирощування на зернову продуктивність кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. 2025. №. 142. С. 126-132. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.2.16>

29. Турак Ю. О., Григорів Я. Я. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від системи удобрення в Західному регіоні України //Український журнал природничих наук. – 2025. – №. 12. – С. 248-256. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.12.2025.25>

30. Ткаліч Ю. І., Бокун О. І. Хімічний і механічний контроль бур'янів в агрофітоценозах кукурудзи. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН*. 2012. № 3. С. 41–44.

31. Фурманець М. Г., Фурманець Ю. С., Маркар'ян В. В. Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення із використанням побічної продукції на забур'яненість культур сівозмін. *Збірник наук. праць Уманського нац. університету садівництва*. 2021. Вип. 98, ч. 1. С. 239–246. DOI: <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2021-98-1-239-246>

32. Цицюра Я. Г. Ефективність комплексного застосування сидератів із біодобривами за вирощування кукурудзи на зерно. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. 2025. № 12. С. 257–269. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.12.2025.26>

33. 50 years of breeding to improve yield: How maize stands up to climate change / Cagnola J. I., Rotili D. H., Otegui M. E., Casal J. J. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 2025. Vol. 380, iss. 1927. Article 20240250. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2024.0250>

34. *A Farm to Fork strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system* / European Commission. Brussels, 2020. 17 p.
35. A framework for understanding crop–weed competition in agroecosystems / Savić A., Popović A., Đurović S. et al. *Agronomy*. 2025. Vol. 15, Issue 10. Article 2366. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy15102366>
36. A novel two-degree-of-freedom gimbal for dynamic laser weeding: Design, analysis, and experimentation / Wang M., Leal-Naranjo J.-A., Ceccarelli M., Blackmore S. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*. 2022. Vol. 27, Issue 6. P. 5016–5026. DOI: <https://doi.org/10.1109/TMECH.2022.3156602>
37. Advances in site-specific weed management in agriculture—A review / Gerhards R., Andújar Sanchez D., Hamouz P. et al. *Weed Research*. 2022. Vol. 62(2). P. 123–133. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12526>
38. Advances in weed management strategies / Ghersa C. M., Benech-Arnold R. L., Satorre E. H., Martínez-Ghersa M. A. *Field Crops Research*. 2000. Vol. 67(2). P. 95–104. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(00\)00086-1](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00086-1)
39. Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield / Tamburini G., Bommarco R., Wanger T. C. et al. *Science Advances*. 2020. Vol. 6, Issue 45. Article eaba1715. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba1715>
40. Agricultural weed assessment calculator: An Australian evaluation / Beckie H. J., Owen M. J., Borger C. P. et al. *Plants*. 2020. Vol. 9, iss. 12. Article 1737. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9121737>
41. Agroecological practices for sustainable weed management in Mediterranean farming landscapes / Boutagayout A., El Bouiamrine H., Synowiec A. et al. *Environment, Development and Sustainability*. 2025. Vol. 27. P. 8209–8263. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-023-04286-7>
42. Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems / Wezel A., Herren B. G., Kerr R. B. et al. *Agronomy for Sustainable Development*. 2020. Vol. 40. Article 40. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-1>

43. Agroecological weed control using functional diversity / Gaba S., Fried G., Kazakou E. et al. *Agronomy for Sustainable Development*. 2021. Vol. 41. Article 24. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00691-5>
44. Agrometeorological requirements of maize crop phenology for sustainable cropping: A historical review for Romania / Vâtcă S. D., Stoian V. A., Man T. C. et al. *Sustainability*. 2021. Vol. 13, Issue 14. Article 7719. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13147719>
45. Allelopathy for weed control in agricultural systems / Jabran K., Mahajan G., Sardana V., Chauhan B. S. *Crop Protection*. 2015. Vol. 72. P. 57–65. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0362-7>
46. Andersson T. N., Milberg P. Weed flora and the relative importance of site, crop, crop rotation, and nitrogen. *Weed Science*. 1998. Vol. 46, No. 1. P. 30–38. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043174500090135>
47. Arable weed decline in Northern France: Crop edges as refugia for weed conservation? / Fried G., Petit S., Dessaint F., Reboud X. *Biological Conservation*. 2009. Vol. 142(1). P. 238–243. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.09.029>
48. Are many little hammers effective? Velvetleaf population dynamics in two- and four-year crop rotation systems / Westerman P. R., Liebman M., Menalled F. D. et al. *Weed Science*. 2005. Vol. 53(3). P. 382–392. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-04-127R>
49. Assessing the significance of soil erosion for arable weed seedbank diversity in agro-ecosystems / Lewis T. D., Rowan J. S., Hawes C., McKenzie B. M. *Progress in Physical Geography*. 2013. Vol. 37(5). P. 622–641. DOI: 10.2307/41678635
50. Assessment of the stability of aquatic ecosystems development on the basis of indicators of the macrophytes fluctuating asymmetry / Romanchuk L., Fedonyuk T., Pazych V. et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 4, No. 10(94). P. 54–61. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.141055
51. Baessler C., Klotz S. Effects of changes in agricultural land-use on landscape structure and arable weed vegetation over the last 50 years. *Agriculture*,

Ecosystems & Environment. 2006. Vol. 115. P. 43–50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.12.007>

52. Bajwa A. A. Sustainable weed management in conservation agriculture. *Crop Protection*. 2014. Vol. 65. P. 105–113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.07.014>

53. Beckie H. J. Herbicide resistance in plants: Biology and biochemistry. *Pest Management Science*. 2020. Vol. 76, iss. 12. P. 3864–3873. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.5949>

54. Beckie H. J., Flower K. C. Herbicide resistance management: Recent developments and future needs. *Pest Management Science*. 2022. Vol. 78, iss. 5. P. 1970–1983. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.6812>

55. Beckie H. J., Flower K. C., Ashworth M. B. Farming without glyphosate? Plants, challenges and opportunities. *Outlooks on Pest Management*. 2019. Vol. 30(2). P. 53–58. DOI: https://doi.org/10.1564/v30_apr_02

56. Bertomeu-Sánchez J. R. Introduction. Pesticides: Past and present. *Journal of History of Science and Technology*. 2019. Vol. 13(1). P. 1–27. DOI: 10.2478/host-2019-0001

57. Bezvershuck I., Fedoniuk T. Sustainable weeds management in maize cultivation: Evaluating agroecological practices and tillage systems. *Scientific Horizons*. 2025. Vol. 28, No. 7. P. 22–33. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor7.2025.22>

58. Bioherbicides: Dead in the water? A review of the existing products for integrated weed management / Cordeau S., Triolet M., Wayman S. et al. *Crop Protection*. 2016. Vol. 87. P. 44–49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.04.016>

59. Blackshaw R. E., Molnar L. J., Larney F. J. Fertilizer, manure and compost effects on weed growth and competition with winter wheat in western Canada. *Crop Protection*. 2005. Vol. 24, iss. 11. P. 971–980. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.01.021>

60. Broad leaved weed seed bank and flora dynamics in wheat as affected by different herbicides / Ali S., Hanif M. A., Umar M. et al. *Pakistan Journal of Agricultural Research*. 2022. Vol. 35(1). P. 58–69. DOI: <https://doi.org/10.17582/journal.pjar/2022/35.1.58.69>
61. Campiglia E., Radicetti E., Mancinelli R. Floristic composition and species diversity of weed community after 10 years of different cropping systems and soil tillage in a Mediterranean environment. *Weed Research*. 2018. Vol. 58. P. 273–283. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12301>
62. Can weed species richness and abundance be used as indicators of arable land management? / Gaba S., Gabriel E., Chadœuf J. et al. *Ecological Indicators*. 2010. Vol. 10(4). P. 702–709. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.12.007>
63. Cardina J., Herms C. P., Doohan D. J. Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. *Weed Science*. 2002. Vol. 50, iss. 4. P. 448–460. DOI: [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2002\)050\[0448:CRATSE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2002)050[0448:CRATSE]2.0.CO;2)
64. Carr P. M., Gramig G. G., Liebigh M. A. Impacts of organic zero tillage systems on crops, weeds, and soil quality. *Sustainability*. 2013. Vol. 5, iss. 7. P. 3172–3201. DOI: <https://doi.org/10.3390/su5073172>
65. Choudhary M. Weed suppression, weed seed bank and crop productivity influenced under tillage and mulches in maize-rapeseed cropping system. *Crop Protection*. 2023. Vol. 172. Article 106333. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106333>
66. Combination of herbicide band application and inter-row cultivation provides sustainable weed control in maize / Loddo D., Scarabel L., Sattin M. et al. *Agronomy*. 2020. Vol. 10(1). Article 20. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10010020>
67. Competition for light and nitrogen with an earlier-sown species negatively affects leaf traits and leaf photosynthetic capacity of maize in relay intercropping / Dong B., Wang Z., Evers J. B. et al. *European Journal of Agronomy*. 2024. Vol. 155. Article 127119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127119>

68. Cordeau S. Conservation agriculture and agroecological weed management. *Agronomy*. 2022. Vol. 12, iss. 4. Article 867. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12040867>
69. Cordeau S., Lespérance M. Integrating mechanical weeding with reduced herbicide programs: Effects on weed communities and crop yield. *Weed Research*. 2021. Vol. 61, iss. 5. P. 355–368. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12498>
70. Corn production / FAOSTAT. *Our World in Data*: website. 2025. URL: <https://ourworldindata.org/grapher/maize-production> (Last accessed: 10.09.2025).
71. Co-robotic intra-row weed control system / Pérez-Ruiz M., Slaughter D. C., Fathallah F. A. et al. *Biosystems engineering*. 2014. Vol. 126. P. 45–55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.07.009>
72. Cover crop effects on weed seedbank dynamics / Ryan M. R., Smith R. G., Mortensen D. A. et al. *Weed Science*. 2010. Vol. 58, Issue 1. P. 7–14. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-09-074.1>
73. Cover crop mixture diversity, biomass productivity, weed suppression, and stability / Florence A. M., Higley L. G., Drijber R. A. et al. *PLoS ONE*. 2019. Vol. 14(3). Article e0206195. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206195>
74. Cover crops as a weed seed bank management tool: A soil down review / Sias C., Wolters B. R., Reiter B. R., Flessner M. L. *Italian Journal of Agronomy*. 2021. Vol. 16(4). Article 1852. DOI: <https://doi.org/10.4081/ija.2021.1852>
75. Cover crops to secure weed control strategies in a maize crop with reduced tillage / Büchi L., Wendling M., Amosse C. et al. *Field Crops Research*. 2020. Vol. 247. Article 107583. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107583>.
76. Critical period for weed control: The concept and data analysis / Knezevic S. Z., Evans S. P., Blankenship E. E. et al. *Weed Science*. 2002. Vol. 50, Issue 6. P. 773–786. DOI: [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2002\)050\[0773:CPFWCT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2002)050[0773:CPFWCT]2.0.CO;2)
77. Davis A. S., Dixon P. M., Liebman M. Cropping system effects on giant foxtail (*Setaria faberi*) demography: II. Retrospective perturbation analysis. *Weed Science*. 2003. Vol. 51, Iss. 6. P. 930–939. DOI: <https://doi.org/10.1614/P2002-133C>

78. Davis A. S., Renner K. A., Gross K. L. Weed seedbank and community shifts in a long-term cropping systems experiment. *Weed Science*. 2005. Vol. 53, Iss. 3. P. 296–306. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-04-182>

79. Deep plowing increases soil water storage and wheat yield in a semiarid region of the Loess Plateau in China: A simulation study / Shi X., Li C., Li P. et al. *Field Crops Research*. 2024. Vol. 308. Article 109299. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109299>

80. Distribution and ecological growth conditions of *Utricularia australis* R. Br. in Ukraine / Orlov O. O., Fedoniuk T. P., Iakushenko D. M. et al. *Journal of Water and Land Development*. 2021. Vol. 48, No. I–III. P. 32–47. DOI: <https://doi.org/10.24425/jwld.2021.136144>

81. Dual-stage herbicide regimen for tackling weed menace in wheat under multiple crop establishment systems / Kumar S., Kaur R., Bana R. S. et al. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2025. Vol. 9. Article 1624283. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1624283>

82. Dynamics of agricultural production and land use in post-Soviet Ukraine / Nizalov D., Thornsbury S., Loveridge S. et al. *Transition to agricultural market economies: The future of Kazakhstan, Russia and Ukraine* / (Eds.) A. Schmitz, W. H. Meyers. Wallingford, U.K. : CAB International, 2015. P. 215–227.

83. *Ecological management of agricultural weeds* / (Eds.) Liebman M., Mohler C. L., Staver C. P. Cambridge : Cambridge University Press, 2001. 532 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511623306>

84. Economic efficiency of the land resource management by agricultural producers in the system of their non-current assets analysis: A case study of the agricultural sector of Ukraine / Shmatkovska T., Dziamulych M., Vavdiuk N. et al. *Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2021. Vol. 21, Issue 2. P. 577–588.

85. Effect of maize (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*) cropping systems on weed infestation and resource use efficiency / Ali A., Ahmed S., Laghari G. M. et

al. *Agronomy*. 2024. Vol. 14, iss. 12. Article 2801. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14122801>

86. *Effect of maize canopy structure on light interception and radiation use efficiency at different canopy layers* / Duan M., Zhang X., Wei Z. et al. *Agronomy*. 2024. Vol. 14, Iss. 7. Article 1511. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14071511>

87. *Effect of row spacing and plant density on silage maize growth, dry matter distribution and yield* / Fuksa P., Hrevušová Z., Szabó O., Hakl J. *Agronomy*. 2023. Vol. 13, Issue 4. Article 1117. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13041117>

88. *Effects of biomass production, weed diversity and intensity of weed control on winter wheat yield* / Meiss H., Munier-Jolain N., Caneill J., Bretagnolle V. *Weed Research*. 2010. Vol. 50, Issue 4. P. 360–371. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2010.00776.x>

89. *Effects of Long-Term Cover Cropping on Weed Seedbanks* / Nichols V., English L., Carlson S. et al. *Front. Agron.* 2020. Vol. 2. Article 591091. DOI: <https://doi.org/10.3389/fagro.2020.591091>

90. *Effects of no-till on upland crop yield and soil organic carbon: A global meta-analysis* / Cui Y., Zhang W., Zhang Y. et al. *Plant and Soil*. 2022. Vol. 499, No. 1/2. P. 363–377. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05555-9>

91. *Effects of precipitation variability and conservation tillage on soil moisture, yield and quality of silage maize* / Niu L., Qin W., You Y. et al. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2023. Vol. 7. Article 1198649. DOI: [10.3389/fsufs.2023.1198649](https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1198649)

92. *Effects of reduced chemical application by mechanical-chemical synergistic weeding on maize growth and yield in East China* / Fang H., Niu M., Wang X., Zhang Q. *Front. Plant Sci.* 2022. Vol. 13. Article 1024249. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1024249>

93. *Effects of tillage and residue management on weed communities: A meta-analysis* / Liu X., Zhang J., Zhang X. et al. *Agronomy for Sustainable Development*. 2021. Vol. 41. Article 64. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00720-4>

94. Emerging challenges and opportunities for education and research in weed science / Chauhan B. S., Matloob A., Mahajan G. et al. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. Article 1537. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01537>
95. Enhancing agriculture through strategic tillage and soil management: Unleashing potential for sustainable farming / Dixit M., Ghoshal D., Kumar S., Dutta D. *Strategic Tillage and Soil Management – New Perspectives* / (Ed.) Rodrigo Nogueira de Sousa. London : IntechOpen, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1624283>
96. Erenstein O., Chamberlin J., Sonder K. Estimating the global number and distribution of maize and wheat farms. *Global Food Security*. 2021. Vol. 30. Article 100558. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100558>
97. Estimating maize leaf area index using multi–source features derived from UAV multispectral imagery and machine learning models / Li H., Huang C., Zhang Y. et al. *Plants*. 2025. Vol. 14, Issue 22. Article 3534.
98. European Commission. (2019). *The European Green Deal*. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
99. European Commission. (2020). *EU biodiversity strategy for 2030: Bringing nature back into our lives*. Publications Office of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0380>
100. European Green Deal: Experience of food safety for Ukraine / Skydan O. V., Dankevych V. Y., Fedoniuk T. P. et al. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*. 2022. Vol. 9, Issue 2. P. 63–71. DOI: <https://doi.org/10.21833/IJAAS.2022.02.007>
101. European Parliament & Council of the European Union. (2009). *Directive 2009/128/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides*. Official Journal of the European Union, L 309, 71–86. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32009L0128>

102. Falck Z. J. S. *Controlling urban weeds: People, plants, and the ecology of American cities, 1888–2003* : Doctoral dissertation / Carnegie Mellon University. Pittsburgh, Pennsylvania, United States, 2004.
103. Farmlands with smaller crop fields have higher within-field biodiversity / Fahrig L., Girard J., Duro D. et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2015. Vol. 200. P. 219–234. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.11.018>
104. Fedoniuk T. P., Skydan O. V. Incorporating geographic information technologies into a framework for biological diversity conservation and preventing biological threats to landscapes. *Space Science and Technology*. 2023. Vol. 29, No. 2. P. 10–21. DOI: 10.15407/knit2023.02.010
105. Franco-Luesma S., Cavero J., Álvaro-Fuentes J. Relevance of the irrigation and soil management system to optimize maize crop production under semiarid Mediterranean conditions. *Agricultural Water Management*. 2025. T. 307. C. 109272. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.109272>
106. Freeman S. E., Lutman P. J. W. The effects of timing of control of weeds on the yield of winter oilseed rape (*Brassica napus*), in the context of the potential commercialization of herbicide-tolerant winter rape. *Journal of Agricultural Science*. 2004. Vol. 142, Issue 3. P. 263–272. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859604004344>
107. Gaba S., Colbach N. Modelling weed dynamics to support integrated weed management. *Weed Research*. 2021. Vol. 61, Issue 2. P. 79–92. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12456>
108. Gallandt E. Weed management in organic farming. *Recent Advances in Weed Management* / (Eds.) B. Chauhan, G. Mahajan. New York : Springer, 2014. P. 63–85. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1019-9_4
109. Gianessi L. P. The increasing importance of herbicides in worldwide crop production. *Pest Management Science*. 2013. Vol. 69(10). P. 1099–1105. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.3598>

110. Global maize production, consumption and trade: Trends and R&D implications / Erenstein O., Jaleta M., Sonder K. et al. *Food Security*. 2022. Vol. 14(5). P. 1295–1319. DOI: [10.1007/s12571-022-01288-7](https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7)
111. Guidelines for physical weed control research: Flame weeding, weed harrowing and intra-row cultivation / Vanhala P., Kurstjens D., Ascard J. et al. *Abstracts 6th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control* (Lillehammer, Norway, 8-10 March, 2004). Lillehammer, Norway : European weed research society, 2004. P. 194–225.
112. Guralchuk Zh. Z. Impact of climate changes on weed vegetation and herbicides efficiency. *Plant physiology and genetics*. 2022. Vol. 54, No. 5. P. 387–403. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2022.05.387>
113. Haarhoff S. J., Swanepoel P. A. Plant population and row spacing affects growth and yield of rainfed maize in semi-arid environments. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. Article 761121. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.761121> *Frontiers*
114. Hayat H. S. et al. Improving Nitrogen Use Efficiency in Dual-Purpose Maize Production through Optimized Nutrient Scheduling. *J. Appl. Res Plant Sci*. Vol. 2025. T. 6. №. 2. C. 132-142. <https://doi.org/10.38211/joarps.2025.06.3>
115. Heap I. Global perspective of herbicide-resistant weeds. *Pest Management Science*. 2014. Vol. 70, Issue 9. P. 1306–1315. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.3696>
116. Heap I. *The international herbicide-resistant weed database*. 2024. URL: <https://www.weedscience.org> (Last accessed: 08.10.2025).
117. Heap I., Duke S. O. Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. *Pest Management Science*. 2018. Vol. 74, Issue 5. P. 1040–1049. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4760>
118. Herbicide resistance: Toward an understanding of resistance development and the impact of herbicide-resistant crops / Vencill W. K., Nichols R. L., Webster T. M. et al. *Weed Science*. 2012. Vol. 60, sp 1. P. 2–30. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00206.1>

119. Herbicides as weed control agents: State of the art: I. Weed control research and safer technology—The path to modern agriculture / Kraehmer H., Laber B., Rosinger C., Schulz A. *Plant Physiology*. 2014. Vol. 166, Issue 3. P. 1119–1131. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.114.241901>
120. Historical sketch and current state of weed diversity in continental zone of Ukraine / Fedoniuk T., Zhuravel S., Kravchuk M. et al. *Agriculture and Natural Resources*. 2024. Vol. 58(5). P. 631–642. DOI: <https://doi.org/10.34044/j.anres.2024.58.5.10>
121. History of land use in India during 1880–2010: Large-scale land transformations reconstructed from satellite data and historical archives / Tian H., Banger K., Bo T., Dadhwal V. K. *Global and Planetary Change*. 2014. Vol. 121. P. 78–88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.07.005>
122. Holt J. S., Powles S. B., Holtum J. A. M. Mechanisms and agronomic aspects of herbicide resistance. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 2003. Vol. 44(1). P. 203–229. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.44.060193.001223>
123. Hossain M. M. Recent perspective of herbicide: Review of demand and adoption in world agriculture. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*. 2015. Vol. 13. P. 19–30.
124. How equal space seeding in maize (*Zea mays* L.) influences weed competition, crop growth, and grain yield / Naruhn G. P., Hartung J., Schulz V. et al. *Crop Science*. 2025. Vol. 65, No. 5. Article e70152. DOI: <https://doi.org/10.1002/csc2.70152>
125. Huang S. S., Islam M. U., Jiang F. H. The effect of deep-tillage depths on crop yield: A global meta-analysis. *Plant, Soil and Environment*. 2023. Vol. 69, Issue 3. P. 105–117. DOI: <https://doi.org/10.17221/373/2022-PSE>
126. Identification of a herbicide-resistant biotype of *Echinochloa crus-galli* in Ukraine / Schwartau V. V., Mykhalska L. M., Makoveychuk T. I., Tretiakov V. O. *Biosystems Diversity*. 2023. Vol. 31, No. 3. P. 297–304. DOI: <https://doi.org/10.15421/012334>

127. Idziak R., Waligóra H., Szuba V. The influence of agronomical and chemical weed control on weeds of corn. *Journal of Plant Protection Research*. 2022. Vol. 62, No. 2. P. 215–222. DOI: <https://doi.org/10.24425/jppr.2022.141362>
128. Impact of agrochemicals on soil microbiota and management: A review / Meena R. S., Kumar S., Datta R. et al. *Land*. 2020. Vol. 9, Issue 2. Article 34. DOI: <https://doi.org/10.3390/land9020034>
129. Impact of climate change on biology and management of wheat pests / Bajwa A. A., Farooq M., Abdullah M. A. et al. *Crop Protection*. 2020. Vol. 137. Article 105304. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105304>
130. Impact of crop rotation with chemical and organic fertilization on weed seed density, species diversity, and community structure after 13 years / Nath C. P., Hazra K. K., Kumar N. et al. *Crop Protection*. 2022. Vol. 153. Article 105860. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105860>
131. Impression of contemporary heat stress complexities in agricultural crops: A review / Mahajan S., Thakur P., Das S. et al. *Plant Growth Regulation*. 2025. Vol. 105, Issue 6. P. 1805–1823. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10725-025-01382-8>
132. *Increased planting density combined with reduced nitrogen rate to achieve high yield in maize* / Du X., Wang Z., Lei W., Kong L. *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11. Article 358. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79633-z>
133. Influence of glyphosate-resistant cropping systems on weed species shifts and glyphosate-resistant weed populations / Johnson W. G., Davis V. M., Kruger G. R., Weller S. C. *European Journal of Agronomy*. 2009. Vol. 31(3). P. 162–172. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2009.03.008>
134. Influence of time of weed removal on maize yield and yield components based on different planting patterns, pre-emergence herbicides, and weather conditions / Nedeljković D., Božić D., Malidža G. et al. *Plants*. 2025. Vol. 14, Issue 3. Article 419. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants14030419>
135. Influence of weed competition and nitrogen on maize grain yield in the northern Guinea savanna of Nigeria / Ekeleme F., Kamara A. Y., Omoigui L. O. et al.

Weed Biology and Management. 2009. Vol. 9, Iss. 2. P. 144–153. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1445-6664.2009.00327.x>

136. Innovative conservation tillage and weed management techniques under rice–maize–cowpea system for higher productivity, resource use efficiency and healthy soil in coastal Odisha / Pradhan S., Garnayak L. M., Dash R. et al. *Plant Science Today*. 2025. Vol. 12, sp 4. P. 01–10. DOI: <https://doi.org/10.14719/pst.9984>

137. Integrated effects of crop rotation and different herbicide rates in maize (*Zea mays L.*) production in central Serbia / Simić M., Dragičević V., Tataridas A. et al. *Crop Protection*. 2024. Vol. 187, Issue 4. Article 106913. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.106913>

138. Integrated weed management and the future of weed ecology / Colbach N., Munier-Jolain N., Gaba S., Dessaint F. *Weed Research*. 2023. Vol. 63, iss. 3. P. 165–178. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12577>

139. Integrated weed management practices enhance maize (*Zea mays L.*) productivity and weed control efficiency / Barkessa M. K., Bayisa W., Geberemariam E. et al. *Journal of Agricultural Sciences and Engineering*. 2023. Vol. 5, Issue 4. P. 239–255. DOI: <https://doi.org/10.48309/jase.2023.180074>

140. *International herbicide-resistant weed database* / Weed Science Society of America. 2018. URL: <https://www.weedscience.org> (Last accessed: 26.09.2025).

141. Is it necessary to apply chemical weed control in short-rotation poplar plantations on deep soil sites? / Fu J., Zou S., Coleman M. et al. *Industrial Crops and Products*. 2022. Vol. 184(1). Article 115025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115025>

142. Kharytonov, M., Martynova, N., Holoborodko, K., Babenko, M., Alexeyeva, A., & Zhukov, O. (2024). Photosynthetic activity of sweet sorghum fertilised by sewage sludge. *International Journal of Environmental Studies*, 2024. Vol. 81(1). P. 420–431. <https://doi.org/10.1080/00207233.2023.2287346>

143. Kiryushin V. I. The management of soil fertility and productivity of agrocenoses in adaptive-landscape farming systems. *Eurasian Soil Science*. 2019. Vol. 52. P. 1137–1145. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229319070068>

144. Kiss Jozsef. Pesticides in agriculture: Are we sustainable yet? *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*. 2019. Vol. 14(1). DOI: 10.1007/s00003-019-01246-0
145. Kraehmer H. Atlas of Weed Mapping. Hoboken, NJ, USA : John Wiley & Sons, 2016.
146. Kunz C., Weber J. F., Gerhards R. Benefits of precision farming technologies for mechanical weed control—Comparison of precision hoeing with conventional mechanical weed control. *Agronomy*. 2015. Vol. 5, Issue 2. P. 130–142. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy5020130>
147. Kurdiukova O., Tyschuk O. The soil contamination with weed seeds and methods of its reduction. *Interdepartmental Thematic Scientific Collection of Phytosanitary Safety*. 2019. No. 65. P. 100–110. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2019.65.100-110>
148. Kurdyukova O. Long-term monitoring of arable lands infestation in the steppe zone of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10. P. 195–199.
149. Land use change dynamics in Euro-Mediterranean mountain regions: Driving forces and consequences for the landscape / Jiménez-Olivencia Y., Ibanez-Jimenez A., Porcel-Rodriguez L., Zimmerer K. *Land Use Policy*. 2021. Vol. 109. Article 105721. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105721>
150. Landscape fire safety management: The experience of Ukraine and the EU / Skydan O. V., Fedoniuk T. P., Pyvovar P. V. et al. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*. 2021. Vol. 6, Number 450. P. 125–132. DOI: 10.32014/2021.2518-170X.128
151. *Lemna equinoctialis* migrates further into temperate continental Europe—A new alien aquatic plant for Ukraine / Fedoniuk T., Bog M., Orlov O., Appenroth K. J. *Feddes Repertorium*. 2022. Vol. 133. P. 305–312. DOI: <https://doi.org/10.1002/fedr.202200001>
152. Lerman Z. Experience with land reform and farm restructuring in the Former Soviet Union. *Agricultural privatization, land reform and farm restructuring*

in Central and Eastern Europe / (Eds.) J. F. M. Swinnen, A. Buckwell, E. Mathijs. 1st Edition. London : Routledge, 2018. P. 311–332.

153. Leskovšek R., Eler K., Adamič Zamljen S. Weed suppression and maize yield influenced by cover crop mixture diversity and tillage. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2025. Vol. 368. Article 109530. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.109530>

154. Lindquist J. L., Mortense D. A., Clay S. A. Integration of weed population dynamic models and decision support for weed management. *Weed Science*. 1999. Vol. 47, Issue 6. P. 628–638. DOI: <https://doi.org/10.1017/S004317450009216X>

155. Lundgren J. G., Anderson R. L. Suppression of weed communities by granivores over time in an agroecosystem. *Ecosphere*. 2023. Vol. 14, Issue 8. Article e04641. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecs2.4641>

156. Machines for non-chemical intra-row weed control in narrow and wide-row crops: A review / Peruzzi A., Martelloni L., Frascioni C. et al. *Journal of Agricultural Engineering*. 2017. Vol. 48, No. 2. P. 57–70. DOI: <https://doi.org/10.4081/jae.2017.653>

157. Maize responses challenged by drought, elevated daytime temperature and arthropod herbivory stresses: A physiological, biochemical and molecular view / Chávez–Arias C. C., Ligarreto–Moreno G. A., Ramírez–Godoy A., Restrepo–Díaz H. *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. Article 702841. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.702841>

158. Maize strip tillage: Effects on yield, soil nitrogen and weed / Hiltbrunner J., Liedgens M., Bloch L. et al. *Soil and Tillage Research*. 2007. Vol. 95, No. 1/2. P. 62–71. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.11.003>

159. Mayerová M., Madaras M., Soukup J. Effect of chemical weed control on crop yields in different crop rotations in a long-term field trial. *Crop Protection*. 2018. Vol. 114. P. 215–222. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.08.001>

160. Md-Akhir A. H. B., Isa N., Mispan M. S. Natural distribution of weed seedbank in different land activities due to abandoned land reclamation for agriculture.

Applied Ecology and Environmental Research. 2022. Vol. 20, Number 3. P. 2597–2607. DOI: https://doi.org/10.15666/aeer/2003_25972607

161. Mechanisms of evolved herbicide resistance / Gaines T. A., Duke S. O., Morran S. et al. *Journal of Biological Chemistry*. 2020. Vol. 295, Issue 30. P. 10307–10330. DOI: <https://doi.org/10.1074/jbc.REV120.013572>

162. Melander B., McCollough M. R., Melander L. *Advances in mechanical weed control technologies*. Denmark : Burleigh Dodds Science Publishing, 2021. DOI: <https://doi.org/10.19103/AS.2016.0002.21>

163. Mitigating crop yield losses through weed diversity / Adeux G., Vieren E., Carlesi S. et al. *Nature Sustainability*. 2019. Vol. 2(11). P. 1018–1026. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0415-y>

164. Modeling temperature and moisture dynamics in corn storage silos with and without aeration periods in three dimensions / Molina–Herrera F. I., Jiménez–Islas H., Sandoval–Hernández M. A. et al. *ChemEngineering*. 2025. Vol. 9, Issue 4. Article 89. DOI: <https://doi.org/10.3390/chemengineering9040089>

165. Modelling the effect of cultivation on the vertical distribution of weed seeds / Grundy A. C., Mead A., Burston S., Overs T. *Weed Research*. 2003. Vol. 43, Issue 2. P. 134–144. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2003.00321.x>

166. Monteiro A., Santos S. Sustainable approach to weed management: The role of precision weed management. *Agronomy*. 2022. Vol. 12(1). Article 118. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12010118>

167. Moonen A. C., Bàrberi P. Functional biodiversity: An agroecosystem approach. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2008. Vol. 127, No. 1/2. P. 7–21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.02.013>

168. Mosyakin S. L., Fedoronchuk M. M. *Vascular plants of Ukraine: A nomenclatural checklist* / (Ed.) S. L. Mosyakin. Kiev : M. G. Kholodny Institute of Botany, 1999. 345 p.

169. Navigating a Critical Juncture for Sustainable Weed Management / David A. Mortensen, J. Franklin Egan, Bruce D. Maxwell et al. *BioScience*. 2012. Vol. 62, Iss. 1. P. 75–84. DOI: <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.1.12>

170. Noland R., Dowdy M., Harris G. *Maize row spacing and seeding rate informed by space-per-plant geometry. Agronomy.* 2025. Vol. **15**, Issue 2. Article 374. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy15020374>
171. Opportunities and challenges for harvest weed seed control in European cropping systems / Akhter M. J., Sønderkov M., Loddo D. et al. *European Journal of Agronomy.* 2023. Vol. *142*. Article 126639. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126639>
172. *Optimum planting density improves resource use efficiency and yield stability of rainfed maize in semiarid climate / Zhang Y., Xu Z., Li J., Wang R. Frontiers in Plant Science.* 2021. Vol. *12*. Article 752606. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.752606>
173. Owen M. D. K. Diverse approaches to herbicide-resistant weed management. *Weed Science.* 2016. Vol. *64*, Sp 1. P. 570–584. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-D-15-00117.1>
174. Owen M. D. K., Beckie H. J. Integrated weed management and the evolution of herbicide resistance. *Weed Science.* 2021. Vol. *69*, Issue 4. P. 421–435. DOI: <https://doi.org/10.1017/wsc.2021.36>
175. Peters K., Gerowitt B. Weed growth properties of *Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli* and *Setaria viridis* as influenced by shifts in the maize cropping season. *Journal of Plant Diseases and Protection.* 2015. Vol. *122*, No. 1, Topic Issue: Climate change and crop protection. P. 49–55.
176. Phytocenological approach in biomonitoring of the state of aquatic ecosystems in Ukrainian Polesie / Fedonyuk T. P., Fedoniuk R. H., Zymarioieva A. A. et al. *J. Water Land Dev.* 2020. Vol. *44*. P. 65–74.
177. Pimentel D. Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Environment, Development and Sustainability.* 2005. Vol. *7*. P. 229–252. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-005-7314-2>

178. Place G. T., Reberg-Horton S. C., Dunlap C. Conservation tillage and cover crops alter weed communities and reduce weed biomass. *Weed Research*. 2021. Vol. 61, Issue 4. P. 275–287. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12485>

179. *Political economy of agrarian reform in Central and Eastern Europe* / (Ed.) Johan F.M. Swinnen. USA : Routledge, 1997. P. 321–337.

180. Powles S. B., Gaines T. A. Exploring the potential for a renewed glyphosate era: Challenges and integrated solutions. *Pest Management Science*. 2022. Vol. 78, Issue 10. P. 4134–4143. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.7084>

181. Powles S. B., Yu Q. Evolution in action: Plants resistant to herbicides. *Annual Review of Plant Biology*. 2010. Vol. 61. P. 317–347. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042809-112119>

182. Prospects and challenges for the Ukrainian agricultural market under the association agreement with the European Union: Legal analysis / Radzivill O., Minka T., Sereda Y. et al. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*. 2019. Vol. 41, No. 2. P. 153–167. DOI: 10.15544/mts.2019.14

183. Prospects and main aspects of the GIS–technologies application for monitoring of biodiversity (on the example of the Chernobyl Radiation–Ecological Biosphere Reserve) / Fedonyuk T. P., Galushchenko O. M., Melnichuk T. V. et al. *Space Science and Technology*. 2020. Vol. 26. P. 75–093.

184. Putting meaning back into “sustainable intensification” / Loos J., Abson D. J., Chappell M. J. et al. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2014. Vol. 12, No. 6. P. 356–361. DOI: <https://doi.org/10.1890/130157>

185. Quantifying nutrient and economic consequences of residue loss from harvest weed seed control / Spoth M. P., Schwartz-Lazaro L. M., LaBiche G. L. et al. *Agronomy*. 2022. Vol. 12, Issue 9. Article 2028. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12092028>

186. Quantifying the impacts of ecological restoration on biodiversity and ecosystem services in agroecosystems: A global meta-analysis / Barral M. P., Rey

Benayas J. M., Meli P., Maceira N. O. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2015. Vol. 202. P. 223–231. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.009>

187. Radicetti E., Mancinelli R. Sustainable weed control in the agroecosystems. *Sustainability*. 2021. Vol. 13, Issue 15. Article 8639. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13158639>

188. Ramesh K. Weed problems, ecology, and management options in conservation agriculture: Issues and perspectives. *Advances in Agronomy*. 2015. Vol. 131. P. 251–303. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.12.003>

189. Rasmussen J., Holst N. A long-term experiment on the effect of crop rotation and reduced tillage on weed communities. *Weed Research*. 2013. Vol. 53, Issue 1. P. 11–21. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12003>

190. Raunkiær C. *Plant Life Forms*. Oxford : At The Clarendon Press, 1937.

191. Reducing the Risks of Herbicide Resistance: Best Management Practices and Recommendations / Norsworthy J. K., Ward S. M., Shaw D. R. et al. *Weed Science*. 2012. Vol. 60, SP 1. P. 31–62. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00155.1>

192. Reducing tillage and herbicide use intensity while limiting weed-related wheat yield loss / Masson S., Rueda-Ayala V., Bragazza L. et al. *European Journal of Agronomy*. 2024. Vol. 154. Article 127284. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127284>

193. *Report on the use of plant protection products for 2021* / State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection. 2021. URL: <https://dpss.gov.ua> (Last accessed: 10.09.2025).

194. *Report on the use of plant protection products for 2023* / State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection. 2023. URL: <https://dpss.gov.ua> (Last accessed: 21.08.2025).

195. Resilience of maize to environmental stress: Insights into drought and heat tolerance / Tang H., Zhang L., Xie X. et al. *International Journal of Molecular Sciences*. 2025. Vol. 26, Issue 11. Article 5274. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms26115274>

196. Response and effect traits of arable weeds in agro-ecosystems: A review / Gaba S., Perronne R., Fried G. et al. *Weed Research*. 2017. Vol. 57, Issue 4. P. 284–296. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12245>
197. Response of yield formation of maize hybrids to different planting densities / Mandić V., Đorđević S., Brankov M. et al. *Agriculture*. 2024. Vol. 14, Issue 3. Article 351. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14030351>
198. Roekaerts M. *The biogeographical regions map of Europe: Basic principles of its creation and overview of its development*. European Environment Agency. 2002. URL: https://www.researchgate.net/publication/224840052_The_Biogeographical_Regions_Map_of_Europe_Basic_principles_of_its_creation_and_overview_of_its_development
199. Role of the cultivated mosaic and its heterogeneity for biodiversity conservation in farming landscapes / Aviron S., Alhassan D., Baudry J. et al. *The East Meets West Workshop*. Göttingen, Germany, 2013.
200. Romanchuk L. D., Fedonyuk T. P., Fedonyuk R. G. Model of influence of landscape vegetation on mass transfer processes. *Biosystems Diversity*. 2017. Vol. 25. P. 203–209. DOI: <https://doi.org/10.15421/011731>
201. Selvakumar S., Ariraman R. Effect of tillage on weed shift and its managements: A review. *Agricultural Reviews*. 2022. Vol. 44, Issue 3. P. 364–369. DOI: <https://doi.org/10.18805/ag.R-2223>
202. Sharma N., Rayamajhi M. Different aspects of weed management in maize (*Zea mays* L.): A brief review. *Advances in Agriculture*. 2022. Vol. 2022. Article 7960175. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/7960175>
203. Shrestha A., Knezevic S. Z. Integrated weed management in maize: Concepts and recent advances. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, Issue 6. Article 1161. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11061161>
204. Sleptsov Y. Biological bacterial herbicides solution based on *Pseudomonas*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol.

723, Issue 2: *Agriculture, field cultivation, animal husbandry, forestry and agricultural products*. Article 022089. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/723/2/022089>

205. Smith R. G., Mortensen D. A., Ryan M. R. A new hypothesis for the functional role of diversity in mediating resource pools and weed–crop competition. *Weed Research*. 2010. Vol. 50, Issue 1. P. 37–48. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2009.00743.x>

206. Soil treatment in various agricultural landscapes / Kozulina N., Lipshin A., Bobrovsky A., Vasilenko A. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023. Vol. 1231, Issue 1: *International Conference on Agricultural Engineering and Green Infrastructure Solutions* (28/03/2023 - 30/03/2023, Tashkent, Uzbekistan). Article 012049. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1231/1/012049>

207. Storkey J., Moss S. R., Cussans J. W. Using weed ecology to improve integrated weed management. *Weed Research*. 2023. Vol. 63, Issue 1. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12568>

208. Storkey J., Neve P. What good is weed diversity? *Weed Research*. 2018. Vol. 58, Issue 4. P. 239–243. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12310>

209. Teasdale J. R., Mohler C. L. The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches. *Weed Science*. 2000. Vol. 48, Issue 3. P. 385–392. DOI: [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2000\)048\[0385:TQRBWE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0385:TQRBWE]2.0.CO;2)

210. Thapa B., Dura R. A review on tillage system and no-till agriculture and its impact on soil health. *Archives of Agriculture and Environmental Science*. 2024. Vol. 9, No. 3. P. 612–617. DOI: <https://doi.org/10.26832/24566632.2024.0903028>

211. The effects of sowing date on maize: Phenology, morphology, and yield formation in a hot subtropical monsoon region / Cao Z. Y., Chen Z. H., Tang B. et al. *Field Crops Research*. 2024. Vol. 309. Article 109309. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109309>

212. The effects of tillage systems on the management of agronomic factors in winter oilseed rape cultivation: A case study in north–eastern Poland / Jankowski K.

J., Sokólski M., Szatkowski A., Załuski D. *Agronomy*. 2024. Vol. 14, Issue 3. Article 437. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14030437>

213. The efficiency of maize production under the conditions of climate change in Ukraine: The use of highly productive hybrids and scientific technologies with elements of biologization / Boiko P., Kovalenko N., Yurkevych Y. et al. *Bulgaria Journal of Agricultural Science*. 2024. Vol. 30, Number 4. P. 739–746. URL: agrojournal.org (Last accessed: 08.10.2025).

214. The evaluation of total weed density and seed bank of agricultural landscapes as an example of the Steppe Zone of Ukraine / Shevchenko S., Tkalich Y., Shevchenko M. et al. *Science Horizon*. 2023. Vol. 26, No. 11. P. 80–89. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor11.2023.80>

215. The impact of different crop rotations by weed management strategies' interactions on weed infestation and productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.) / Shahzad M., Hussain M., Jabran K. et al. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, Issue 10. Article 2088. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11102088>

216. The impact of different winter cover crops on weed suppression and corn yield under different tillage systems / Liu S., Ma Z., Zhang Y. et al. *Agronomy*. 2022. Vol. 12(5). Article 999. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12050999>

217. The influence of landscape structure on the quality index of surface waters / Fedoniuk T. P., Fedoniuk R. H., Romanchuk L. D. et al. *J. Water Land Dev*. 2019. Vol. 43. P. 56–63.

218. The influence of long-term different crop rotations and monoculture on weed prevalence and weed seed content in the soil / Butkevičienė L. M., Skinulienė L., Auželienė E. I. et al. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, iss. 7. Article 1367. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11071367>

219. *The use of fertilizers and pesticides for the harvest of agricultural crops in 2019* / State Statistics Service of Ukraine. 2019. URL: <https://ukrstat.gov.ua> (Last accessed: 21.08.2025).

220. *The use of fertilizers and pesticides for the harvest of agricultural crops in 2020* / State Statistics Service of Ukraine. 2020. URL: <https://ukrstat.gov.ua> (Last accessed: 10.10.2025).

221. *The use of fertilizers and pesticides for the harvest of agricultural crops in 2023* / State Statistics Service of Ukraine. 2023. URL: <https://ukrstat.gov.ua> (Last accessed: 26.11.2025).

222. The weed chemical control in grain sorghum at the steppe zone of Ukraine / Tkalich Yu., Tsyliuryk O., Havryushenko O. et al. *Ecological Questions*. 2023. Vol. 34, No. 2. P. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.12775/EQ.2023.023>

223. Tillage effects on soil physical properties and maize phenology / Shevchenko S., Derevenets–Shevchenko K., Desyatnyk L. et al. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. Vol. 81, Number 1. P. 393–402. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2320032>

224. Utilizing remote sensing data to ascertain weed infestation levels in maize fields / Fedoniuk T. P., Pyvovar P. V., Topolnytskyi P. P. et al. *Agriculture*. 2025. Vol. 15, Iss. 7. Article 711. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture15070711>

225. Varchenko O., Krysanov D., Tkachenko K. Conceptual agricultural and rural development basis: Genesis, modern dominants and the implications of their implementation. *The Scientific Journal of Cahul State University “Bogdan Petriceicu Hasdeu”. Economic and Engineering Studies*. 2018. No. 1. P. 33–46.

226. Vasileiadis V. P., Otto S., Chamming’s A. Weed control with reduced herbicide use: A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*. 2021. Vol. 41. Article 2. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00666-x>

227. Vila-Aiub M. M., Neve P., Powles S. B. Fitness costs associated with evolved herbicide resistance alleles in plants. *New Phytologist*. 2021. Vol. 231, Issue 2. P. 747–758. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.17387>

228. *Viscum album* subsp. *austriacum* in Volyn Polissia (Ukraine): Current distribution, ecology and prediction of future spread / Orlov O., Danylyk I., Zhukovskyi O. et al. *Studia Biologica*. 2023. Vol. 17, No. 3. P. 139–166. DOI: 10.30970/sbi.1703.722

229. von Arx G., Bosshard A., Dietz H. Land-use intensity and border structures as determinants of vegetation diversity in an agricultural area. *Bulletin of the Geobotanical Institute ETH*. 2002. Vol. 68. P. 3–15.

230. Walsh M. J., Powles S. B. High Seed Retention at Maturity of Annual Weeds Infesting Crop Fields Highlights the Potential for Harvest Weed Seed Control. *Weed Technology*. 2014. Vol. 28, Issue 3. P. 486–493. DOI: <https://doi.org/10.1614/WT-D-13-00183.1>

231. Walsh M. J., Powles S. B. Management strategies for herbicide-resistant weed populations in Australian dryland crop production systems. *Weed Technology*. 2007. Vol. 21, Issue 2. P. 332–338. DOI: <https://doi.org/10.1614/WT-06-086.1>

232. Weed dispersal by farming practices and landscape structure: A review / Petit S., Alignier A., Colbach N. et al. *Agronomy for Sustainable Development*. 2020. Vol. 40. Article 30. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00629-2>

233. Weed diversity supports ecological intensification of agroecosystems / Moretti M., Bàrberi P., Berti A., Gaba S. *Ecological Applications*. 2021. Vol. 31, No. 6. Article e02310. DOI: <https://doi.org/10.1002/eap.2310>

234. Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review / Nichols V., Verhulst N., Cox R., Govaerts B. *Field Crops Research*. 2015. Vol. 183. P. 56–68. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.012>

235. Weed emergence and seedbank after three years of repetitive shallow cultivation in a muck soil field / Simard M.-J., Nurse R. E., Minville A. K. et al. *Canadian Journal of Plant Science*. 2022. Vol. 102, Issue 2. P. 405–413. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjps-2021-0200>

236. Weed management and cropping systems: An integrated approach / Munier-Jolain N., Chauvel B., Gasquez J., Guillemin J.-P. *Agronomy for Sustainable Development*. 2020. Vol. 40. Article 31. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00630-9>

237. Weed management and tillage effect on rainfed maize production in three agro-ecologies in Mexico / Fonteyne S., Leal Gonzalez A. J., Osorio Alcalá L. et al.

Weed Research. 2022. Vol. 62, Issue 3. P. 224–239. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12530>

238. Weed Management Handbook / (Ed.) Robert E. L. Naylor. 9th Edition. USA : Wiley-Blackwell, 2002. 432 p. URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/101084084/results>

239. Weed management using crop competition: A review / Bajwa A. A., Walsh M., Chauhan B. S., Singh S. *Crop Protection*. 2022. Vol. 155. Article 105913. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.105913>

240. Weed seed bank as affected by tillage, residue, and fertilization management under sweet corn–wheat cropping sequence in Iran / Alijani K., Kazemeini S. A., Bahrani M. J., Ghadiri H. *Weed Biology and Management*. 2023. Vol. 23(1). P. 3–13. DOI: <https://doi.org/10.1111/wbm.12263>

241. Weed seed bank dynamics: Weed seed bank modulation through tillage and weed management / Maqsood Q., Abbas R. N., Khaliq A., Zahir Z. A. *Planta Daninha*. 2018. Vol. 36. Article e018166706. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100083>

242. Weed seed banks in intensive farmland and the influence of tillage, field position, and sown flower strips / Schnee L., Sutcliffe L. M. E., Leuschner C., Donath T. W. *Land*. 2023. Vol. 12, Issue 4. Article 926. DOI: <https://doi.org/10.3390/land12040926>

243. Weed seedbank dynamics in three organic farming crop rotations / Teasdale J. R., Mangum R. W., Radhakrishnan J., Cavigelli M. A. *Agronomy Journal*. 2004. Vol. 96, No. 5. P. 1429–1435. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2004.1429>

244. Weed seedbank response to tillage systems and crop sequences / Derrouch D., Chauvel B., Felten E. et al. *Weed Research*. 2020. Vol. 60, Iss. 2. P. 96–109. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12393>

245. Weed seedbank, above-ground weed community and crop yields under conventional and conservation agriculture practices in maize–wheat–mungbean rotation / Ghosh S., Das T. K., Nath C. P. et al. *Weed Research*. 2023. Vol. 63, Issue 4. P. 270–281. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12589>

246. Weed species composition and diversity in maize as affected by tillage and fertilization in the Northern steppe of Ukraine / Shevchenko S., Tsyliuryk O., Hulenko O. et al. *Ecological Questions*. 2026. Vol. 37, No. 1. DOI: <https://doi.org/10.12775/EQ.2026.006>

247. Weed species diversity in organic and integrated farming systems / Jastrzebska M., Jastrzebski W. P., Holdynski C., Kostrzevska M. K. *Acta Agrobotanica*. 2013. Vol. 66, No. 3. P. 113–124. DOI: <https://doi.org/10.5586/aa.2013.045>

248. Weed surveys and weed mapping in Europe: State of the art and future tasks / Krähmer H., Andreasen C., Economou-Antonaka G. et al. *Crop Protection*. 2020. Vol. 129. Article 105010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.105010>

249. *Weed–crop competition: A review* / (Ed.) Robert L. Zimdahl. 2nd ed. Ames, USA : Blackwell Publishing, 2004. 220 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470290224>

250. Weed–crop competition: A review of ecological principles / Travlos I. S., Cheimona N., Roussis I., Bilalis D. J. *Agriculture*. 2020. Vol. 10, Issue 4. Article 138. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10040138>

251. Weeds in a changing climate: Vulnerabilities, consequences, and implications for future weed management / Ramesh K., Matloob A., Aslam F. et al. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. Article 95. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00095>

252. Wicks G. A., Burnside O. C., Fenster C. R. Influence of weed control and nitrogen fertilization on corn yields. *Weed Science*. 1994. Vol. 42, Issue 4. P. 445–450.

253. *World Reference Base for Soil Resources*. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps / IUSS Working Group WRB. 4th ed. Vienna, Austria, 2022. URL: https://www.isric.org/sites/default/files/WRB_fourth_edition_2022-12-18.pdf (Last accessed: 18.09.2025).

254. Young S. L. Beyond Precision Weed Control: A Model for True Integration. *Weed Technology*. 2018. Vol. 32, Issue 1. P. 7–10. DOI: <https://doi.org/10.1017/wet.2017.70>

255. Yukhymuk V. V. Development of the weed control systems. *Plant physiology and genetics*. 2024. Vol. 56, No. 5. P. 399–418. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2024.05.399>

256. Zimdahl R. L. *Fundamentals of weed science*. 5th ed. USA : Academic Press, 2018.

ДОДАТКИ

Додаток А. Вихідні умови закладки досліду

УМОВИ	Опис зразка	Координати (довгота; широта)	Культура 2019	Культура 2020	Культура 2021	Культура 2022	Культура 2023	Система землеробства	Основні синтетичні гербіциди	Система обробітку ґрунту 2023
1	S1H1A1	28.700313;5 0.43513	Ячмінь + коноюшина	Конюшина	Озима пшениця	Льон	Олійна редька	Із синтетичними гербіцидами	Аміди	Традиційний обробіток – глибоке перевертання ґрунту (оранка на 15–35 см, зазвичай ~25 см)
2	S1H1A2	28.700518;5 0.43509	Ячмінь + коноюшина	Конюшина	Озима пшениця	Льон	Олійна редька	Із синтетичними гербіцидами	Аміди	Традиційний обробіток – глибоке перевертання ґрунту (оранка на 15–35 см, зазвичай ~25 см)
3	S1H2A1	28.700242;5 0.434994	Ячмінь + коноюшина	Конюшина	Озима пшениця	Льон	Олійна редька	Агроєкологічна	Не застосовуються	Традиційний обробіток – глибоке перевертання ґрунту (оранка на 15–35 см, зазвичай ~25 см)
4	S1H2A2	28.700423;5 0.434944	Ячмінь + коноюшина	Конюшина	Озима пшениця	Льон	Олійна редька	Агроєкологічна	Не застосовуються	Традиційний обробіток – глибоке перевертання ґрунту (оранка на 15–35 см, зазвичай ~25 см)
5	S2H1A1	28.700761;5 0.435029	Ячмінь + коноюшина	Конюшина	Озима пшениця	Льон	Олійна редька	Із синтетичними гербіцидами	Аміди	Традиційний обробіток – мілке перевертання ґрунту (мілка оранка/дискова борона на глибину <10–12 см)
6	S2H1A2	28.700974;5 0.434978	Ячмінь + коноюшина	Конюшина	Озима пшениця	Льон	Олійна редька	Із синтетичними гербіцидами	Аміди	Традиційний обробіток – мілке перевертання ґрунту (мілка оранка/дискова борона на глибину <10–12 см)
7	S2H2A1	28.700659;5 0.434891	Ячмінь + коноюшина	Конюшина	Озима пшениця	Льон	Олійна редька	Агроєкологічна	Не застосовуються	Традиційний обробіток – мілке перевертання ґрунту (мілка оранка/дискова борона на глибину <10–12 см)
8	S2H2A2	28.700903;5 0.434853	Ячмінь + коноюшина	Конюшина	Озима пшениця	Льон	Олійна редька	Агроєкологічна	Не застосовуються	Традиційний обробіток – мілке перевертання ґрунту (мілка оранка/дискова борона на глибину <10–12 см)
9	S3H1A1	28.701179;5 0.434936	Ячмінь + коноюшина	Конюшина	Озима пшениця	Льон	Олійна редька	Із синтетичними гербіцидами	Аміди	Мінімальний обробіток – мілке перемішування без перевертання (борона, крім дискової, на 10–12 см)
10	S3H1A2	28.701414;5 0.434885	Ячмінь + коноюшина	Конюшина	Озима пшениця	Льон	Олійна редька	Із синтетичними гербіцидами	Аміди	Мінімальний обробіток – мілке перемішування без перевертання (борона, крім дискової, на 10–12 см)
11	S3H2A1	28.701095;5 0.434811	Ячмінь + коноюшина	Конюшина	Озима пшениця	Льон	Олійна редька	Агроєкологічна	Не застосовуються	Мінімальний обробіток – мілке перемішування без перевертання (борона, крім дискової, на 10–12 см)
12	S3H2A2	28.701326;5 0.43475	Ячмінь + коноюшина	Конюшина	Озима пшениця	Льон	Олійна редька	Агроєкологічна	Не застосовуються	Мінімальний обробіток – мілке перемішування без перевертання (борона, крім дискової, на 10–12 см)
13	S1H1A1	28.700121;5 0.434843	Ячмінь + коноюшина	Конюшина	Озима пшениця	Льон	Олійна редька	Із синтетичними гербіцидами	Аміди	Традиційний обробіток – глибоке перевертання ґрунту (оранка на 15–35 см, зазвичай ~25 см)
14	S1H1A2	28.70034;50 .434804	Ячмінь + коноюшина	Конюшина	Озима пшениця	Льон	Олійна редька	Із синтетичними гербіцидами	Аміди	Традиційний обробіток – глибоке перевертання ґрунту (оранка на 15–35 см, зазвичай ~25 см)
15	S1H2A1	28.700039;5 0.434719	Ячмінь + коноюшина	Конюшина	Озима пшениця	Льон	Олійна редька	Агроєкологічна	Не застосовуються	Традиційний обробіток – глибоке перевертання ґрунту (оранка на 15–35 см, зазвичай ~25 см)
16	S1H2A2	28.700266;5 0.434661	Ячмінь + коноюшина	Конюшина	Озима пшениця	Льон	Олійна редька	Агроєкологічна	Не застосовуються	Традиційний обробіток – глибоке перевертання ґрунту (оранка на 15–35 см, зазвичай ~25 см)
17	S2H1A1	28.700565;5 0.43476	Ячмінь + коноюшина	Конюшина	Озима пшениця	Льон	Олійна редька	Із синтетичними гербіцидами	Аміди	Традиційний обробіток – мілке перевертання ґрунту (мілка оранка/дискова борона на глибину <10–12 см)
18	S2H1A2	28.700795;5 0.43471	Ячмінь + коноюшина	Конюшина	Озима пшениця	Льон	Олійна редька	Із синтетичними гербіцидами	Аміди	Традиційний обробіток – мілке перевертання ґрунту (мілка оранка/дискова борона на глибину <10–12 см)
19	S2H2A1	28.700467;5 0.434604	Ячмінь + коноюшина	Конюшина	Озима пшениця	Льон	Олійна редька	Агроєкологічна	Не застосовуються	Традиційний обробіток – мілке перевертання ґрунту (мілка оранка/дискова борона на глибину <10–12 см)

95	S3H2A1	28.702016;5 0.436249	Озима пшениця	Льон	Пелюшка+ овес	Озиме жито	Олійна редька	Агроекологічна	Не застосовуються	Мінімальний обробіток – мілке перемішування без перевертання (борона, крім дискової, на 10–12 см)
96	S3H2A2	28.702199;5 0.436208	Озима пшениця	Льон	Пелюшка+ овес	Озиме жито	Олійна редька	Агроекологічна	Не застосовуються	Мінімальний обробіток – мілке перемішування без перевертання (борона, крім дискової, на 10–12 см)
97	S1H1A1	28.701016;5 0.436306	Озима пшениця	Льон	Пелюшка+ овес	Озиме жито	Олійна редька	Із синтетичними гербіцидами	Аміди	Традиційний обробіток – глибоке перевертання ґрунту (оранка на 15–35 см, зазвичай ~25 см)
98	S1H1A2	28.701253;5 0.436255	Озима пшениця	Льон	Пелюшка+ овес	Озиме жито	Олійна редька	Із синтетичними гербіцидами	Аміди	Традиційний обробіток – глибоке перевертання ґрунту (оранка на 15–35 см, зазвичай ~25 см)
99	S1H2A1	28.700921;5 0.436161	Озима пшениця	Льон	Пелюшка+ овес	Озиме жито	Олійна редька	Агроекологічна	Не застосовуються	Традиційний обробіток – глибоке перевертання ґрунту (оранка на 15–35 см, зазвичай ~25 см)
100	S1H2A2	28.701163;5 0.436115	Озима пшениця	Льон	Пелюшка+ овес	Озиме жито	Олійна редька	Агроекологічна	Не застосовуються	Традиційний обробіток – глибоке перевертання ґрунту (оранка на 15–35 см, зазвичай ~25 см)
101	S2H1A1	28.701493;5 0.436204	Озима пшениця	Льон	Пелюшка+ овес	Озиме жито	Олійна редька	Із синтетичними гербіцидами	Аміди	Традиційний обробіток – мілке перевертання ґрунту (мілка оранка/дискова борона на глибину <10–12 см)
102	S2H1A2	28.701696;5 0.436164	Озима пшениця	Льон	Пелюшка+ овес	Озиме жито	Олійна редька	Із синтетичними гербіцидами	Аміди	Традиційний обробіток – мілке перевертання ґрунту (мілка оранка/дискова борона на глибину <10–12 см)
103	S2H2A1	28.701381;5 0.436076	Озима пшениця	Льон	Пелюшка+ овес	Озиме жито	Олійна редька	Агроекологічна	Не застосовуються	Традиційний обробіток – мілке перевертання ґрунту (мілка оранка/дискова борона на глибину <10–12 см)
104	S2H2A2	28.701582;5 0.436023	Озима пшениця	Льон	Пелюшка+ овес	Озиме жито	Олійна редька	Агроекологічна	Не застосовуються	Традиційний обробіток – мілке перевертання ґрунту (мілка оранка/дискова борона на глибину <10–12 см)
105	S3H1A1	28.701931;5 0.43611	Озима пшениця	Льон	Пелюшка+ овес	Озиме жито	Олійна редька	Із синтетичними гербіцидами	Аміди	Мінімальний обробіток – мілке перемішування без перевертання (борона, крім дискової, на 10–12 см)
106	S3H1A2	28.702139;5 0.436072	Озима пшениця	Льон	Пелюшка+ овес	Озиме жито	Олійна редька	Із синтетичними гербіцидами	Аміди	Мінімальний обробіток – мілке перемішування без перевертання (борона, крім дискової, на 10–12 см)
107	S3H2A1	28.701852;5 0.435984	Озима пшениця	Льон	Пелюшка+ овес	Озиме жито	Олійна редька	Агроекологічна	Не застосовуються	Мінімальний обробіток – мілке перемішування без перевертання (борона, крім дискової, на 10–12 см)
108	S3H2A2	28.702032;5 0.435936	Озима пшениця	Льон	Пелюшка+ овес	Озиме жито	Олійна редька	Агроекологічна	Не застосовуються	Мінімальний обробіток – мілке перемішування без перевертання (борона, крім дискової, на 10–12 см)

Додаток Б. Параметри росту та розвитку кукурудзи (2023-2025 рр.)

Вариант	S1H1A1	S1H1A2	S1H2A1	S1H2A2	S2H1A1	S2H1A2	S2H2A1	S2H2A2	S3H1A1	S3H1A2	S3H2A1	S3H2A2
SeedGerm	93.67 ± 1.53	93.67 ± 2.08	94.33 ± 2.08	92.67 ± 2.08	93.67 ± 2.08	94.0 ± 2.65	91.0 ± 1.0	94.33 ± 1.53	92.0 ± 2.65	91.67 ± 2.08	93.33 ± 0.58	92.0 ± 2.65
Sprout	8.67 ± 0.58	8.33 ± 0.58	9.0 ± 0.0	8.33 ± 0.58	9.0 ± 0.0	8.33 ± 0.58	8.67 ± 0.58	8.33 ± 0.58	9.0 ± 0.0	8.0 ± 0.0	9.0 ± 0.0	8.0 ± 0.0
3rdleaf	11.67 ± 0.58	11.33 ± 0.58	12.0 ± 0.0	11.33 ± 0.58	12.0 ± 0.0	11.33 ± 0.58	11.67 ± 0.58	11.33 ± 0.58	12.0 ± 0.0	11.0 ± 0.0	12.0 ± 0.0	11.0 ± 0.0
TIL	17.33 ± 1.15	16.67 ± 1.15	18.0 ± 0.0	16.67 ± 1.15	18.0 ± 0.0	16.67 ± 1.15	17.33 ± 1.15	16.67 ± 1.15	18.0 ± 0.0	16.0 ± 0.0	18.0 ± 0.0	16.0 ± 0.0
5thleaf	22.67 ± 2.31	21.33 ± 2.31	24.0 ± 0.0	21.33 ± 2.31	24.0 ± 0.0	21.33 ± 2.31	22.67 ± 2.31	21.33 ± 2.31	24.0 ± 0.0	20.0 ± 0.0	24.0 ± 0.0	20.0 ± 0.0
7thleaf	26.67 ± 2.31	25.33 ± 2.31	28.0 ± 0.0	25.33 ± 2.31	28.0 ± 0.0	25.33 ± 2.31	26.67 ± 2.31	25.33 ± 2.31	28.0 ± 0.0	24.0 ± 0.0	28.0 ± 0.0	24.0 ± 0.0
9thleaf	30.67 ± 2.31	29.33 ± 2.31	32.0 ± 0.0	29.33 ± 2.31	32.0 ± 0.0	29.33 ± 2.31	30.67 ± 2.31	29.33 ± 2.31	32.0 ± 0.0	28.0 ± 0.0	32.0 ± 0.0	28.0 ± 0.0
TubEmerg	36.33 ± 2.89	34.67 ± 2.89	38.0 ± 0.0	34.67 ± 2.89	38.0 ± 0.0	34.67 ± 2.89	36.33 ± 2.89	34.67 ± 2.89	38.0 ± 0.0	33.0 ± 0.0	38.0 ± 0.0	33.0 ± 0.0
ThrowPanic	41.33 ± 2.89	39.67 ± 2.89	43.0 ± 0.0	39.67 ± 2.89	43.0 ± 0.0	39.67 ± 2.89	41.33 ± 2.89	39.67 ± 2.89	43.0 ± 0.0	38.0 ± 0.0	43.0 ± 0.0	38.0 ± 0.0
FlowPanic	48.33 ± 2.89	46.67 ± 2.89	50.0 ± 0.0	46.67 ± 2.89	50.0 ± 0.0	46.67 ± 2.89	48.33 ± 2.89	46.67 ± 2.89	50.0 ± 0.0	45.0 ± 0.0	50.0 ± 0.0	45.0 ± 0.0
FlowCob	52.0 ± 3.46	49.67 ± 2.89	54.0 ± 0.0	50.0 ± 3.46	54.0 ± 0.0	49.67 ± 2.89	52.0 ± 3.46	50.0 ± 3.46	54.0 ± 0.0	48.0 ± 0.0	54.0 ± 0.0	48.0 ± 0.0
MilkRip	74.67 ± 5.77	70.67 ± 4.62	78.0 ± 0.0	71.33 ± 5.77	78.0 ± 0.0	70.67 ± 4.62	74.67 ± 5.77	71.33 ± 5.77	78.0 ± 0.0	68.0 ± 0.0	78.0 ± 0.0	68.0 ± 0.0
WaxRip	99.67 ± 5.77	95.67 ± 4.62	103.0 ± 0.0	96.33 ± 5.77	103.0 ± 0.0	95.67 ± 4.62	99.67 ± 5.77	96.33 ± 5.77	103.0 ± 0.0	93.0 ± 0.0	103.0 ± 0.0	93.0 ± 0.0
FullRip	129.67 ± 5.77	125.67 ± 4.62	133.0 ± 0.0	126.33 ± 5.77	133.0 ± 0.0	125.67 ± 4.62	129.67 ± 5.77	126.33 ± 5.77	133.0 ± 0.0	123.0 ± 0.0	133.0 ± 0.0	123.0 ± 0.0
Spread_DisMac	0.67 ± 0.58	0.67 ± 0.58	0.33 ± 0.58	0.67 ± 0.58	0.67 ± 0.58	1.33 ± 0.58	1.33 ± 0.58	1.33 ± 0.58	1.0 ± 1.0	0.67 ± 1.15	0.33 ± 0.58	0.33 ± 0.58
Develop_DisMac	0.67 ± 0.58	0.67 ± 0.58	0.33 ± 0.58	0.67 ± 0.58	0.67 ± 0.58	1.33 ± 0.58	1.33 ± 0.58	1.33 ± 0.58	1.0 ± 1.0	0.67 ± 1.15	0.33 ± 0.58	0.33 ± 0.58
Spread_DisMic	0.33 ± 0.58	1.0 ± 1.0	0.33 ± 0.58	0.67 ± 0.58	0.67 ± 0.58	1.33 ± 0.58	1.33 ± 0.58	1.33 ± 0.58	1.0 ± 1.0	0.67 ± 1.15	0.33 ± 0.58	0.33 ± 0.58
Develop_DisMic	0.33 ± 0.58	1.0 ± 1.0	0.33 ± 0.58	0.67 ± 0.58	0.67 ± 0.58	1.33 ± 0.58	1.33 ± 0.58	1.33 ± 0.58	1.0 ± 1.0	0.67 ± 1.15	0.33 ± 0.58	0.33 ± 0.58
HibernPest	1.0 ± 1.0	1.0 ± 1.73	1.33 ± 0.58	0.67 ± 0.58	0.33 ± 0.58	1.33 ± 0.58	1.33 ± 0.58	0.33 ± 0.58	1.0 ± 1.0	0.67 ± 0.58	0.33 ± 0.58	1.67 ± 0.58
SoilSurfPest	1.0 ± 1.0	1.0 ± 1.73	1.33 ± 0.58	0.67 ± 0.58	0.33 ± 0.58	1.33 ± 0.58	1.33 ± 0.58	0.33 ± 0.58	1.0 ± 1.0	0.67 ± 0.58	0.33 ± 0.58	1.67 ± 0.58
Wloss	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.02	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.0	0.04 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.03	0.02 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.04 ± 0.02
V	0.1 ± 0.0	0.17 ± 0.06	0.23 ± 0.15	0.17 ± 0.12	0.1 ± 0.0	0.37 ± 0.15	0.13 ± 0.06	0.27 ± 0.21	0.17 ± 0.12	0.33 ± 0.06	0.13 ± 0.06	0.37 ± 0.15
Te	2.0 ± 0.0	3.0 ± 0.0	2.0 ± 0.0	3.0 ± 0.0	2.0 ± 0.0	3.0 ± 0.0	2.0 ± 0.0	3.0 ± 0.0	2.0 ± 0.0	3.0 ± 0.0	2.0 ± 0.0	3.0 ± 0.0
B	0.08 ± 0.0	0.12 ± 0.0	0.08 ± 0.0	0.12 ± 0.0	0.08 ± 0.0	0.12 ± 0.0	0.08 ± 0.0	0.12 ± 0.0	0.08 ± 0.0	0.12 ± 0.0	0.08 ± 0.0	0.12 ± 0.0

SeedGerm — проростання насіння; **Sprout** — поява сходів; **3rdleaf** — формування третього листка; **TIL** — кушення; **5thleaf** — формування п'ятого листка; **7thleaf** — формування сьомого листка; **9thleaf** — формування дев'ятого листка; **TubEmerg** — вихід у трубку; **ThrowPanic** — викидання волоті; **FlowPanic** — цвітіння волоті; **FlowCob** — цвітіння качана; **MilkRip** — молочна стиглість; **WaxRip** — воскова стиглість; **FullRip** — повна стиглість; **Spread_DisMac** — поширення хвороби (макроскопічна оцінка), %; **Develop_DisMac** — розвиток хвороби (макроскопічна оцінка), %; **Spread_DisMic** — поширення хвороби (мікроскопічна оцінка), %; **Develop_DisMic** — розвиток хвороби (мікроскопічна оцінка), %; **HibernPest** — чисельність перезимовуючих шкідників, екз./м²; **SoilSurfPest** — чисельність шкідників на поверхні ґрунту, екз./м²; **Wloss** — втрата врожаю від однієї особини шкідника, г; **V** — відносна втрата врожаю, %; **Te** — економічний поріг шкодочинності, екз./м²; **B** — збережений урожай від знищення однієї особини шкідника, г.

Додаток В. Якість врожаю кукурудзи (2023-2025 рр.)

Код	S1H1A1	S1H1A2	S1H2A1	S1H2A2	S2H1A1	S2H1A2	S2H2A1	S2H2A2	S3H1A1	S3H1A2	S3H2A1	S3H2A2
Врожайність	10.87 ± 2.06	8.33 ± 1.63	9.8 ± 1.73	9.7 ± 1.47	10.03 ± 1.31	10.63 ± 1.46	8.97 ± 0.93	11.17 ± 0.86	8.0 ± 0.56	10.73 ± 0.81	9.9 ± 0.53	9.63 ± 2.48
Комерційна врожайність	10.3 ± 2.01	7.83 ± 1.63	9.27 ± 1.7	9.17 ± 1.5	9.53 ± 1.31	10.1 ± 1.45	8.47 ± 0.93	10.6 ± 0.92	7.5 ± 0.56	10.2 ± 0.78	9.37 ± 0.47	9.13 ± 2.48
TKW	326.67 ± 36.86	284.0 ± 27.07	308.67 ± 29.26	307.0 ± 24.27	311.67 ± 23.07	324.33 ± 26.01	293.33 ± 15.28	332.0 ± 15.1	278.0 ± 9.17	323.67 ± 16.2	309.33 ± 10.07	306.67 ± 46.23
PS	98.83 ± 0.91	97.57 ± 0.91	98.33 ± 0.9	98.33 ± 0.58	98.5 ± 0.53	98.8 ± 0.6	98.0 ± 0.46	98.97 ± 0.31	97.47 ± 0.4	98.8 ± 0.35	98.43 ± 0.25	98.27 ± 1.16
IS	1.17 ± 0.91	2.43 ± 0.91	1.67 ± 0.9	1.67 ± 0.58	1.5 ± 0.53	1.2 ± 0.6	2.0 ± 0.46	1.03 ± 0.31	2.53 ± 0.4	1.2 ± 0.35	1.57 ± 0.25	1.73 ± 1.16
SG	95.67 ± 3.21	92.0 ± 2.65	94.33 ± 2.89	94.33 ± 2.31	94.67 ± 2.08	96.0 ± 2.0	93.33 ± 1.53	96.67 ± 1.15	91.0 ± 1.0	96.33 ± 1.15	95.0 ± 1.0	94.0 ± 3.46
M	13.57 ± 0.47	14.27 ± 0.42	13.9 ± 0.44	13.83 ± 0.29	13.73 ± 0.31	13.63 ± 0.31	14.07 ± 0.25	13.53 ± 0.21	14.3 ± 0.2	13.67 ± 0.21	13.83 ± 0.12	13.83 ± 0.64
Mpre	13.27 ± 0.47	13.97 ± 0.42	13.6 ± 0.44	13.53 ± 0.29	13.43 ± 0.31	13.33 ± 0.31	13.77 ± 0.25	13.23 ± 0.21	14.0 ± 0.2	13.37 ± 0.21	13.53 ± 0.12	13.53 ± 0.64
N	1.5 ± 0.26	1.5 ± 0.2	1.43 ± 0.12	1.5 ± 0.17	1.6 ± 0.2	1.47 ± 0.06	1.4 ± 0.1	1.4 ± 0.1	1.57 ± 0.15	1.53 ± 0.06	1.4 ± 0.1	1.57 ± 0.21
Ash	1.63 ± 0.21	1.63 ± 0.15	1.67 ± 0.12	1.63 ± 0.12	1.53 ± 0.15	1.63 ± 0.06	1.7 ± 0.1	1.7 ± 0.1	1.57 ± 0.12	1.57 ± 0.06	1.7 ± 0.1	1.6 ± 0.1

TKW — маса 1000 зерен, г; **PS** — чистота насіння, %; **IS** — домішки в насінні, %; **SG** — схожість насіння, %; **M** — передзбиральна вологість зерна, %; **Mpre** — вологість зерна після кондиціонування (підсушування), %; **N** — вміст азоту (білка) в зерні, % сухої речовини; **Ash** — зольність зерна, % сухої речовини.

Додаток Г. Виконання робіт дисертаційного дослідження (фото)





Додаток Д. Довідки впровадження



pod.huh@gmail.com
Код ЄДРПОУ – 44222268,
UA34351005000026003879089021, АТ «УкрСиббанк», МФО 351005.

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ВАХНІВСЬКЕ»

Юридична адреса: 22524, Вінницька область, Вінницький район, село
Вахнівка, вул. Миру, 31а
Поштова адреса: 21036, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, буд. 82,
офіс 538
☎ Телефон: +38 0965996280.

Вих.№ 294

від «10» жовтня 2025 р.

ДОВІДКА

про впровадження у виробничу діяльність результатів дисертаційної роботи Безвершука Ігоря
Миколайовича

на тему: «Агроекологічні стратегії управління фітоценотичним компонентом агроценозів
кукурудзи континентальної зони України»

Основні теоретичні положення, практичні результати та висновки, отримані в процесі виконання зазначеної наукової роботи, містять науково обґрунтовані рекомендації щодо підвищення ефективності вирощування гібриду кукурудзи в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва.

У межах виробничої діяльності ТОВ "ВАХНІВСЬКЕ" результати наукової роботи були розглянуті, апробовані та використані під час вирощування кукурудзи ДАЛАМЕР на зерно. Запропоновані в роботі елементи технології вирощування (зокрема особливості підготовки ґрунту, строки сівби, норми висіву, система живлення та загальні агротехнічні підходи) були адаптовані до ґрунтово-кліматичних умов господарства та застосовані на виробничих посівах.

Практичне впровадження результатів наукової роботи сприяло:

- покращенню рівномірності та дружності сходів гібриду кукурудзи ДАЛАМЕР;
- підвищенню адаптивності рослин до умов вирощування;
- оптимізації агротехнічних прийомів;
- отриманню стабільних показників урожайності;
- підвищенню загальної економічної ефективності вирощування культури.

Результати виробничого використання засвідчили практичну цінність і доцільність запропонованих наукових розробок. Запропонована технологія вирощування викликала зацікавленість з боку інших фермерських господарств регіону, у зв'язку з чим рекомендації, наведені в науковій роботі, були рекомендовані до ширшого використання у виробничій практиці.

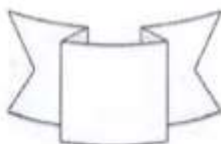
Отримані результати можуть бути використані у діяльності сільськогосподарських підприємств різних форм власності з метою підвищення продуктивності вирощування гібридів кукурудзи та оптимізації технологічних процесів.

Довідку видано для подання за місцем вимоги.

Генеральний директор ТОВ «ВАХНІВСЬКЕ»



Дубина ЛЮ.



Сільськогосподарський виробничий кооператив «Білопільський»

22120, вул. Шкільна 3 А, с. Білопіддя, Хмельницького району, Вінницької області
ЄДРПОУ 05525173 р/рах. UA 37 300335 00000000 26000137595 ПАТ "Райффайзен Банк АВАЛЬ"

15 жовтня 2025 р. Вих. № 64-7.2

ДОВІДКА

про впровадження у виробничу діяльність результатів наукової роботи Беззершука Ігоря Миколайовича на тему: «наукове обґрунтування та удосконалення технології вирощування гібриду кукурудзи ДАЛАМЕР в умовах Житомирської області»

Основні теоретичні положення, практичні результати та висновки, отримані в процесі виконання зазначеної наукової роботи, містять науково обґрунтовані рекомендації щодо підвищення ефективності вирощування гібриду кукурудзи ДАЛАМЕР в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва.

У межах виробничої діяльності СВК "БІЛОПІЛЬСЬКИЙ" результати наукової роботи були розглянуті, апробовані та використані під час вирощування кукурудзи на зерно, запропоновані в роботі елементи технології вирощування (зокрема особливості підготовки ґрунту, строки сівби, норми висіву, система живлення та загальні агротехнічні підходи) були адаптовані до ґрунтово-кліматичних умов господарства та застосовані на виробничих посівах.

Практичне впровадження результатів наукової роботи сприяло:

- покращенню рівномірності та дружності сходів гібриду кукурудзи ДАЛАМЕР;
- підвищенню адаптивності рослин до умов вирощування;
- оптимізації агротехнічних прийомів;
- отриманню стабільних показників урожайності;
- підвищенню загальної економічної ефективності вирощування культури.

Результати виробничого використання засвідчили практичну цінність і доцільність запропонованих наукових розробок. запропонована технологія вирощування викликала зацікавленість з боку інших фермерських господарств регіону, у зв'язку з чим рекомендації, наведені в науковій роботі, були рекомендовані до ширшого використання у виробничій практиці.

Отримані результати можуть бути використані у діяльності сільськогосподарських підприємств різних форм власності з метою підвищення продуктивності вирощування гібридів кукурудзи та оптимізації технологічних процесів.

Довідку видано для подання за місцем вимоги.

Голова СВК



Володимир ШАШКОВ

ФЕРМЕРСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО "ГУМЕННИЙ О.М."

Код ЄДРПОУ 34121787

Індивідуальний податковий номер 341217802098

П/Р UA913020760000026002300440755 в АТ Ощадбанк м. Вінниця,
МФО 302076

Фермерське господарство "ГУМЕННИЙ О.М."

Адреса: Україна, 24600, Вінницька обл., Тульчинський р-н, селище міського типу Крижопіль(з), вул.Героїв України, будинок № 153

Тел.: +38 (04340) 2-33-80

E-mail: gymen1972@ukr.net

ДОВІДКА

про впровадження у виробничу діяльність результатів наукової роботи Безвершука Ігоря Миколайовича

на тему:

«Наукове обґрунтування та удосконалення технології вирощування гібриду кукурудзи ДАЛАМЕР в умовах Житомирської області»

Основні теоретичні положення, практичні результати та висновки, отримані в процесі виконання зазначеної наукової роботи, містять науково обґрунтовані рекомендації щодо підвищення ефективності вирощування гібриду кукурудзи ДАЛАМЕР в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва.

У межах виробничої діяльності фермерського господарства "ГУМЕННИЙ О.М." результати наукової роботи були розглянуті, апробовані та використані під час вирощування кукурудзи на зерно. Запропоновані в роботі елементи технології вирощування (зокрема особливості підготовки ґрунту, строки сівби, норми висіву, система живлення та загальні агротехнічні підходи) були адаптовані до ґрунтово-кліматичних умов господарства та застосовані на виробничих посівах.

Практичне впровадження результатів наукової роботи сприяло:

- покращенню рівномірності та дружності сходів гібриду кукурудзи ДАЛАМЕР;
- підвищенню адаптивності рослин до умов вирощування;
- оптимізації агротехнічних прийомів;
- отриманню стабільних показників урожайності;
- підвищенню загальної економічної ефективності вирощування культури.

Результати виробничого використання засвідчили **практичну цінність і доцільність** запропонованих наукових розробок. Запропонована технологія вирощування викликала **зацікавленість з боку інших фермерських господарств регіону**, у зв'язку з чим рекомендації, наведені в науковій роботі, були рекомендовані до ширшого використання у виробничій практиці.

Отримані результати можуть бути використані у діяльності сільськогосподарських підприємств різних форм власності з метою підвищення продуктивності вирощування гібридів кукурудзи та оптимізації технологічних процесів.

Довідку видано для подання за місцем вимоги.

Голова фермерського господарства



О.М. Гуменний

Дата: 29 жовтня 2025 р.

ПРИВАТНЕ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО «СОКІЛЬЧА»

Україна, 13525, Житомирська обл., Попільнянський р., село Сокільча, ВУЛИЦЯ ШКІЛЬНА, будинок 1
№ 173 від 4.11.2025 р.

ДОВІДКА

про впровадження у виробничу діяльність ПСП «СОКІЛЬЧА» результатів дисертаційної роботи Безвершука Ігоря Миколайовича на тему: «Агроекологічні стратегії управління фітоценотичним компонентом агроценозів кукурудзи континентальної зони України»

Основні теоретичні положення, практичні результати та висновки, отримані в процесі виконання зазначеної наукової роботи, містять науково обґрунтовані рекомендації щодо підвищення ефективності вирощування гібриду кукурудзи ДАЛАМЕР в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва.

У межах виробничої діяльності фермерського господарства ПСП «СОКІЛЬЧА» результати наукової роботи були розглянуті, апробовані та використані під час вирощування кукурудзи на зерно. Запропоновані в роботі елементи технології вирощування (зокрема особливості підготовки ґрунту, строки сівби, норми висіву, система живлення та загальні агротехнічні підходи) були адаптовані до ґрунтово-кліматичних умов господарства та застосовані на виробничих посівах.

Практичне впровадження результатів наукової роботи сприяло:

- покращенню рівномірності та дружності сходів гібриду кукурудзи ДАЛАМЕР;
- підвищенню адаптивності рослин до умов вирощування;
- оптимізації агротехнічних прийомів;
- отриманню стабільних показників урожайності;
- підвищенню загальної економічної ефективності вирощування культури.

Результати виробничого використання засвідчили практичну цінність і доцільність запропонованих наукових розробок. Запропонована технологія вирощування викликала зацікавленість з боку інших фермерських господарств регіону, у зв'язку з чим рекомендації, наведені в науковій роботі, були рекомендовані до використання у виробничій практиці.

Отримані результати можуть бути використані у діяльності сільськогосподарських підприємств різних форм власності з метою підвищення продуктивності вирощування гібридів кукурудзи та оптимізації технологічних процесів.

Довідку видано для подання за місцем вимоги.



ПСП «СОКІЛЬЧА»

/ ЛОЗЕНКО ЄВГЕНІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИЙ ВИРОБНИЧИЙ КООПЕРАТИВ "РУЖИНСЬКИЙ"

Код ЄДРПОУ 30714886

Індивідуальний податковий номер 307148806208

П/Р UA913020760000026002300440755 в АТ Ощадбанк м. Вінниця,
МФО 302076

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИЙ ВИРОБНИЧИЙ КООПЕРАТИВ "РУЖИНСЬКИЙ"

Адреса: Україна, 13601, Житомирська обл., Бердичівський р-н., селище міського типу
Ружин, вул.Київська, будинок № 2

Тел.: +38(097)-100-53-59

E-mail: svkruz@i.ua

ДОВІДКА

про впровадження у виробничу діяльність результатів наукової роботи Безвершука Ігоря
Миколайовича

на тему:

**«Наукове обґрунтування та удосконалення технології вирощування гібриду
кукурудзи ДАЛАМЕР в умовах Житомирської області»**

Основні теоретичні положення, практичні результати та висновки, отримані в процесі виконання зазначеної наукової роботи, містять науково обґрунтовані рекомендації щодо підвищення ефективності вирощування гібриду кукурудзи ДАЛАМЕР в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва.

У межах виробничої діяльності СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЧОГО КООПЕРАТИВУ "РУЖИНСЬКИЙ" результати наукової роботи були розглянуті, апробовані та використані під час вирощування кукурудзи на зерно. Запропоновані в роботі елементи технології вирощування (зокрема особливості підготовки ґрунту, строки сівби, норми висіву, система живлення та загальні агротехнічні підходи) були адаптовані до ґрунтово-кліматичних умов господарства та застосовані на виробничих посівах.

Практичне впровадження результатів наукової роботи сприяло:

- покращенню рівномірності та дружності сходів гібриду кукурудзи ДАЛАМЕР;
- підвищенню адаптивності рослин до умов вирощування;
- оптимізації агротехнічних прийомів;
- отриманню стабільних показників урожайності;
- підвищенню загальної економічної ефективності вирощування культури.

Результати виробничого використання засвідчили **практичну цінність і доцільність** запропонованих наукових розробок. Запропонована технологія вирощування викликала **зацікавленість з боку інших фермерських господарств регіону**, у зв'язку з чим рекомендації, наведені в науковій роботі, були рекомендовані до ширшого використання у виробничій практиці.

Отримані результати можуть бути використані у діяльності сільськогосподарських підприємств різних форм власності з метою підвищення продуктивності вирощування гібридів кукурудзи та оптимізації технологічних процесів.

Довідку видано для подання за місцем вимоги.

Дата: 14 листопада 2025 р.

СВК "РУЖИНСЬКИЙ"

М.П.



Григорук - Корнівська Н.П.
(прізвище, власне ім'я та по батькові, посада, підпис)