

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ШЕВЧЕНКО СЕРГІЙ МИХАЙЛОВИЧ

УДК 632.51:632.954:631.51

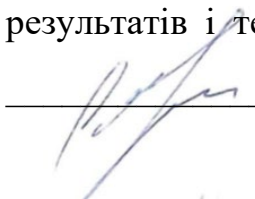
ДИСЕРТАЦІЯ

**ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЗЕМЛЕРОБСТВА В УМОВАХ
ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННИХ КОМПЛЕКСІВ
СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ**

Спеціальність 06.01.01 – Загальне землеробство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

 С. М. Шевченко

Дніпро – 2024

АНОТАЦІЯ

Шевченко С. М. Еколого-біологічні засади землеробства в умовах природно-техногенних комплексів степової зони України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.01 «Загальне землеробство». – Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, 2024.

Наукова новизна одержаних результатів досліджень полягає у тому, що *вперше*:

- розроблено оптимальні параметри функціонування природних та техногенних комплексів у землеробстві, заснованих на методах технологічного управління ґрунтовими режимами та ресурсами життєзабезпечення сільськогосподарських культур;
- обґрунтовано принципи мінімалізації обробітку ґрунту з позиції регулювання твердості, щільності складення ґрунту та ефективного використання обмежених водних ресурсів;
- модернізовано прийоми обробітку ґрунту в напрямку підвищення протиерозійної стійкості та зростання родючості ґрунтів з використанням рослинних рештків;
- встановлена особливість трансформації видового складу бур'янів залежно від технологій вирощування та насичення культурами сівозміни, а також головні напрямки зниження забур'яненості ґрунту і посівів в природно-техногенних комплексах;
- розроблені регламенти використання нових гербіцидів ґрунтової та вегетативної дії для застосування на посівах колосових зернових культур, кукурудзи на зерно та соняшника, які стали основою рекомендацій для ведення землеробства в степовій зоні;
- проведена економічна та біоенергетична оцінка природно-техногенних комплексів спрямованих на збалансоване використання виробничих ресурсів.

Удосконалено:

– контролювання забур'яненості в умовах трансформації видового складу бур'янів у системах сівозмін і обробітку ґрунту та технологіях вирощування зернових і олійних культур.

Набули подальшого розвитку:

– наукові положення та базова інформація щодо прийомів основного обробітку ґрунту і оптимізації агрофізичного стану чорноземів спрямованого на підвищення протиерозійної стійкості.

Наукове та практичне значення. Одержані результати досліджень мають фундаментальне і прикладне значення в галузі еколого-біологічного управління агротехнологіями в природно-техногенних агроценозах. Наукові положення дисертації розкривають закономірності трансформації агрофізичних показників ґрунту під впливом прийомів основного обробітку, визначають можливості його мінімалізації і біологічну реакцію культурних рослин.

Основні теоретичні позиції передбачають вихід на практичний результат, який гарантує ефективне використання ресурсів та досягнення високого рівня продуктивності ріллі. Практична цінність роботи полягає в тому, що впроваджено сівозміни, розроблені на основі нового співвідношення впливу попередників, створення агрофізичного фону для додаткового накопичення ґрунтової вологи, досягнення позитивного гумусового балансу.

Завдяки оптимізації фітотоксичної дії гербіцидів і фітоценотичної резистентності бур'янів досягнута можливість контролювання 95–98 % всього різновиду бур'янів. Для базових елементів землеробства розроблені комплексні заходи та технологічні рекомендації, які сприяли скороченню ресурсних і енергетичних витрат на 28–35 %, зростанню вмісту гумусу в ґрунті до 4,45–4,70 %, підвищення урожайності пшениці озимої на 1,64 т/га, кукурудзи на зерно – 2,54 т/га, соняшника – 0,52 т/га, ячменю ярого – 0,67 т/га.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на засіданнях кафедри загального землеробства та ґрунтознавства і Вченій раді агрономічного

факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету, а також на наукових симпозиумах, семінарах і конференціях різного рівня.

Основні результати досліджень.

У **вступі** наведені актуальність теми; зв'язок роботи з науковими планами, програмами та темами; мета та завдання досліджень; методи досліджень; особистий внесок здобувача; апробація результатів; публікації; обсяг та структура дисертації.

У **першому** розділі проаналізовано та узагальнено результати наукових досліджень вітчизняних й зарубіжних вчених щодо питання необхідності практичної реалізації еколого-біологічних основ землеробства за системного формування природно-техногенних комплексів та теоретичне обґрунтування таких організаційних і технологічних позицій як структура посівних площ, сівозмінна ротація прийомів обробітку ґрунту, формування фітоценотично стійких посівів сільськогосподарських культур, а також специфіки застосування агротехнологій в зональних екотопах.

У **другому** розділі проводиться аналіз ґрунтово-кліматичних умов проведення дослідження за темою дисертаційної роботи. Визначено, що ґрунтово-кліматичні умови дослідних ділянок мають характерні особливості для степової зони України та придатні для вирощування зернових, зернобобових, олійних культур і отримання врожаю високоякісного зерна. Агрометеорологічні умови за своїм різноманіттям протягом проведення досліджень дозволили всебічно оцінити вплив прийомів основного обробітку на формування елементів родючості ґрунту, особливості розвитку фітоценозів бур'янів та біологічної ефективності гербіцидів в залежності від рівня забезпеченості кліматичними ресурсами. Польові досліді закладали і проводили у відповідності з прийнятими в агрономічних дослідженнях методиками.

У **третьому** розділі наведено результати досліджень щодо трансформації агрофізичних та фізико-механічних властивостей ґрунтів під впливом техногенного навантаження.

Встановлено особливості трансформації твердості, щільності складення та

вологості ґрунту під впливом основних факторів землеробства. Розкрито основні агробіологічні та технологічні методи підвищення протиерозійного потенціалу ґрунтів у сівоzmіні.

У **четвертому** розділі висвітлено результати досліджень щодо динаміки видового складу бур'янових синузій агрофітоценозів та оптимізація регламентів застосування гербіцидів в посівах сільськогосподарських культур.

У **п'ятому** розділі знаходять обґрунтування результати досліджень, які розкривають теоретичні та практичні основи перспективних систем землеробства в умовах високого техногенного навантаження.

У **шостому** розділі показано результати виробничих досліджень ефективності методів використання екотопів в господарствах степової зони, в основу яких покладена перевірка ефективності прийомів основного обробітку ґрунту і контролювання бур'янів при вирощуванні соняшника, а також його мінімалізації в системі чорного пару при вирощуванні пшениці озимої.

У **сьомому** розділі розглядаються біоенергетичні та економічні параметри оцінки природно-техногенних комплексів.

Встановлена економічна ефективність технологічних прийомів оптимізації функціонування агроценозів на основі поелементних нормативів витрат на виконання технологічних операцій при вирощуванні та збиранні зернових, зернобобових та олійних культур в зоні Степу України. Розрахована біоенергетична ефективність агротехнологічного комплексу вирощування сільськогосподарських культур.

Ключові слова: землеробство, сівоzmіна, обробіток ґрунту, бур'яни, добрива, гербіциди, родючість, попередник, кукурудза, соняшник, пшениця озима, ячмінь ярий, рентабельність.

ABSTRACT

Shevchenko S. M. Ecological and biological bases of agriculture in the conditions of natural and technogenic complexes of the steppe zone of Ukraine. – Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences in the specialty 06.01.01 «General Agriculture». – Dnipro state Agrarian and Economic University, Dnipro, 2024.

The scientific novelty of the obtained research results is that *for the first time*:

- optimal parameters of functioning of natural and anthropogenic complexes in agriculture based on methods of technological management of soil regimes and crop life support resources have been developed;
- the principles of minimizing soil tillage from the point of view of regulating soil hardness, density and efficient use of limited water resources were substantiated;
- soil cultivation methods were modernized in the direction of increasing erosion resistance and increasing soil fertility using plant residues;
- the peculiarity of transformation of weed species composition depending on cultivation technologies and crop rotation saturation, as well as the main directions of reducing weed infestation of soil and crops in natural and technogenic complexes were established;
- developed regulations for the use of new soil and vegetative herbicides for use on crops of spiked cereals, corn and sunflower, which became the basis for recommendations for farming in the steppe zone;
- economic and bioenergy assessment of natural and technogenic complexes aimed at the balanced use of production resources.

Improved:

- weed control in the context of transformation of weed species composition in crop rotation and soil cultivation systems and technologies for growing grain and oilseeds.

Further development has been made:

- scientific provisions and basic information on the methods of basic tillage and optimization of the agrophysical state of chernozems aimed at increasing erosion resistance.

Scientific and practical significance. The obtained research results are of fundamental and applied importance in the field of ecological and biological

management of agrotechnologies in natural and technogenic agroecosystems. The scientific provisions of the dissertation reveal the regularities of transformation of agrophysical indicators of the soil under the influence of basic tillage methods, determine the possibilities of its minimization and the biological response of cultivated plants.

The main theoretical positions provide for a practical result that guarantees efficient use of resources and achievement of a high level of arable land productivity. The practical value of the work is that crop rotations developed on the basis of a new ratio of the influence of predecessors, the creation of an agrophysical background for additional accumulation of soil moisture, and the achievement of a positive humus balance have been implemented. By optimizing the phytotoxic effect of herbicides and phytocenotic resistance of weeds, we have achieved control over 95–98 % of all weed species.

Comprehensive measures and technological recommendations were developed for the basic elements of agriculture, which contributed to a 28–35 % reduction in resource and energy costs, an increase in soil humus content to 4.45–4.70 %, and a 1.64 t/ha increase in winter wheat yields, 2.54 t/ha in corn, 0.52 t/ha in sunflower and 0.67 t/ha in spring barley.

Approbation of dissertation materials. The main provisions and results of the dissertation work were reported and discussed at meetings of the Department of general agriculture and Soil Science and the Academic Council of the Faculty of agronomy of Dnipro state agrarian and economic University, as well as at scientific symposia, seminars and conferences of various levels.

Main research results.

The **introduction** shows the relevance of the topic; the connection of work with scientific plans, programs and topics; the purpose and objectives of research; research methods; personal contribution of the applicant; approbation of results; publications; scope and structure of the dissertation.

The **first** section analyzes and summarizes the results of scientific research of domestic and foreign scientists on the need for practical implementation of the basics

of ecological and biological agriculture for the systematic formation of natural and man-made complexes and the theoretical justification of such organizational and technological positions as the structure of sown areas, crop rotation methods of tillage, the formation of phytocenotically stable crops of agricultural crops, as well as the specifics of the use of agricultural technologies in zonal ecotopes.

The **second** section provides an analysis of the soil and climatic conditions of the event research on the topic of the dissertation work. It is determined that the soil and climatic conditions of the experimental plots are characteristic of the steppe zone of Ukraine and are suitable for growing grain, legumes, oilseeds and obtaining a high-quality grain crop. Agrometeorological conditions for their diversity during the research allowed us to comprehensively assess the influence of basic cultivation methods on the formation of soil fertility elements, features of the development of phytocenoses of weeds and the biological effectiveness of herbicides depending on the level of availability of climatic resources. Field experiments were laid and conducted in accordance with the methods adopted in agronomic research.

The **third** section presents the results of research on the transformation of agrophysical and physical-mechanical properties of soils under the influence of man-made loads. It is established that the features of transformation of hardness, density of composition and soil moisture under the influence of the main factors of Agriculture. The main agrobiological and technological methods of increasing the anti-erosion potential of soils in crop rotation are revealed.

The **fourth** section presents the results of studies on the dynamics of the species composition of weed synusions of agrophytocenoses and optimization of regulations for the use of herbicides in agricultural crops.

The **fifth** section presents the results of research that reveals the theoretical and practical foundations of promising agricultural systems under high man-made loads. In the sixth section, the results of production studies of the effectiveness of methods of using ecotopes in farms of the Dnipropetrovsk region, which are based on checking the effectiveness of methods of basic tillage when growing sunflower, the influence of

various methods of basic tillage on the yield of spring barley grain, minimizing the main cultivation of black steam when growing winter wheat.

The **sixth** section shows the results of production studies of the effectiveness of methods of using ecotopes in the farms of the steppe zone, which are based on the verification of the effectiveness of the methods of basic soil cultivation and weed control in the cultivation of sunflowers, minimization of the main cultivation of black fallow in the cultivation of winter wheat.

The **seventh** section presents bioenergy and economic parameters for evaluating natural and technogenic complexes.

The economic efficiency of technological methods for optimizing the functioning of agrocenoses based on element-by-element standards of costs for performing technological operations in the cultivation and harvesting of grain, legumes and oilseeds in the steppe zone of Ukraine has been established. Calculated bioenergy efficiency of the agrotechnological complex for growing agricultural crops.

Keywords: agriculture, crop rotation, tillage, weeds, fertilizers, herbicides, fertility, predecessor, corn, sunflower, winter wheat, spring barley, profitability.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації

Монографії, частина монографії

1. Вінокуров І. Н., Горшкова Л. М., **Шевченко С. М.** та ін. Система інноваційних методів контролювання забур'яненості в степовому землеробстві. Розділ 3: Інноваційні підходи розвитку сільського господарства. Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2015. 114 с. *(Здобувачем встановлені основні засади методів контролювання забур'яненості в степовому землеробстві).*

2. Гадзало Я. М., Заришняк А. С., Черенков А. В., Шевченко М. С., **Шевченко С. М.** та інші. Актуальні сівозміни: новий погляд на класику: монографія. Дніпро: «Роял Прінт», 2017. 69 с. *(Здобувачем встановлено основні засади чергування культур в сівозміні).*

3. Князева М. В., Крамар В. М., Львович І. Я. та ін. No-till технології на степових чорноземах. Рівень розвитку техніки і технологій в ХХІ столітті. Частина 1 : Серія монографій. Розділ 2: Шевченко М. С., **Шевченко С. М.**, Шевченко О. О., Швець Н. В., Деревенець-Шевченко К. А. Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2019. 227 с. *(Здобувачем встановлено основні засади щодо No-till технології на степових чорноземах).*

Статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних

Web of Science Core Collection та/або Scopus

4. **Shevchenko S.**, Tkalich Yu., Shevchenko M., Kolesnykova K., Derevenets-Shevchenko K. The evaluation of total weed density and seed bank of agricultural landscapes as an example of the Steppe Zone of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2023. 26 (11), 80–89. doi: 10.48077/scihor11.2023.80. *(Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).*

5. **Shevchenko S.**, Derevenets-Shevchenko K., Desyatnyk L., Shevchenko M., Sologub I., Shevchenko O. Tillage effects on soil physical properties and maize

phenology. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. 81:1. 393–402. doi: 10.1080/00207233.2024.2320032. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 75 %).

6. **Shevchenko S.**, Derevenets-Shevchenko K., Shevchenko M., Shevchenko O.: Sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) and weeds in sunflower crops with minimized tillage in a steppe ecotype crop rotation. *Ekologia (Bratislava)*. 2024. Vol. 43, No. 1, p. 34–42. doi:10.2478/eko-2024-0004. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 75 %).

7. **Shevchenko S.**, Desyatnyk L., Shevchenko M., Kolesnykova K., Derevenets-Shevchenko K. Control of weeds and sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr) in sunflower crops by crop rotation and tillage. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. 81:1. 382–392. doi: 10.1080/00207233.2024.232003. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 75 %).

8. Mytsyk O., Havryushenko O., Tsyliuryk O., **Shevchenko S.**, Hulencko O., Shevchenko M., Derevenets-Shevchenko K. Reclamation of derelict mine land by simply growing crops. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. 81:1, 230–238. doi: 10.1080/00207233.2024.2330283. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 50 %).

9. Циліорик О. І., **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М., Швець Н. В., Нікулін В. О., Остапчук Я. В. Динаміка чисельності бур'янів і їх видового складу в агроценозах кукурудзи залежно від обробітку ґрунту та удобрення в Північному Степу України. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017, 7(3), Р. 154–159. doi: 10.15421/2017_64. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

10. Циліорик О. І., **Шевченко С. М.**, Остапчук Я. В., Шевченко О. М.,

Деревенець-Шевченко К. А. Агроекологічні основи контролювання забур'яненості та поширення вовчка в посівах соняшнику Степу України. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018, 8(1), Р. 487–497. doi: 10.15421/2017_240. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

11. Cherenkov A. V., Shevchenko M. S., Gyrka A. D., Nesterets V. G., Dudka M. I., Desiatnyk L. M., **Shevchenko S. M.** Increasing the efficiency of moisture resources in crop rotation by tillage optimization in Ukrainian Steppe zone. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. 11 (2), Р. 35–39. doi: 10.15421/2019_34. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 55 %).

Статті у наукових фахових виданнях України

12. Шевченко М. С., **Шевченко С. М.** Якого обробітку потребує чорнозем. *Хранение и переработка зерна*. Дніпропетровськ, 2005. № 8 (61) С. 51–52. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

13. Шевченко М. С., Поленок А. В., **Шевченко С. М.** Вплив основного обробітку ґрунту і мінеральних добрив на врожай пшениці озимої в умовах чекових зрошувальних систем. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. Дніпропетровськ, 2011. № 40. С. 81–85. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 75 %).

14. **Шевченко С. М.** Схожість насіння і формування морфобіологічних параметрів кукурудзи при мінімізації обробітку ґрунту. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. Дніпропетровськ, 2011. № 1. С. 70–74.

15. Шевченко О. М., Приходько В. І., **Шевченко С. М.**, Швець Н. В. Технологічні прийоми підвищення ефективності регулювання поживного режиму при вирощуванні кукурудзи. *Бюлетень Інституту сільського*

господарства степової зони НААН України. Дніпропетровськ, 2011. № 1. С. 46–50. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

16. **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М., Парлікокошко М. С. Динаміка схожості насіння кукурудзи після різних попередників і способів обробітку ґрунту. *Зрошувальне землеробство : Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Херсон : Атлант, 2012. Вип. 57. С. 160–164. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

17. Шевченко М. С., **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М., Швець Н. В. Еволюція землеробства як фактор формування фітоценозів бур'янів. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. Дніпропетровськ, 2013. № 4. С. 130–135. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

18. Шевченко М. С., **Шевченко С. М.** Агротехнології як бар'єр проти посухи. *Хранение и переработка зерна*. Дніпропетровськ, 2013. № 9 (174) С. 51–53. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

19. Шевченко М. С., Запорожець Л. М., **Шевченко С. М.** Формування продуктивності зернових і зернобобових культур при мінімалізації обробітку ґрунту. *Таврійський науковий вісник : ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»*. Херсон, 2014. Вип. 89. С. 73–82. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

20. **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М., Парлікокошко М. С. Вплив систем землеробства на польову схожість насіння кукурудзи. *Хранение и переработка зерна*. Дніпропетровськ, 2015. № 6–7. С. 32–34. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

21. Шевченко М.С., **Шевченко С. М.**, Швець Н. В. Фактори сівозмінного комплексу і фітоценотичні мутації забур'яненості посівів. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. Дніпро, 2016. №3 (41). С. 62–67. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

22. Шевченко М. С., Десятник Л. М., Льоринець Ф. Л., **Шевченко С. М.** Агросистемні методи регулювання вологоспоживання в агроценозах. *Науковий журнал «Зернові культури»*. Інститут зернових культур НААН України. Дніпро, 2017. Т. 1. № 1. С. 119–123. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

23. Shevchenko M. S., **Shevchenko S. M.**, Shvets N. V. Agrophysical and factors of regulation of biological activity of soil crop rotation. *Науковий журнал «Зернові культури»*. Інститут зернових культур НААН України. Дніпро, 2018. Т. 2. № 1. С. 109–115. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

24. Циліурік О. І., **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М., Деревенець-Шевченко К. А., Швець Н. В. Особливості формування і регулювання потенційної забур'яненості різних технобіогенних систем. *Agrology*. Дніпро, 2019. Vol. 2(1), С. 31–40. <https://doi.org/10.32819/2617-6106.2018.14015>. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

25. Шевченко М. С., Десятник Л. М., Швець Н. В., **Шевченко С. М.** Методика визначення вологості ґрунту: класичні помилки і об'єктивні фізичні параметри. *Зернові культури*. Дніпро, 2018. Том 2. № 2, С. 309–313. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0041>. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

26. Десятник Л. М., Шевченко М. С., Швець Н. В., **Шевченко С. М.** Ефективність використання добрив у сівозміні залежно від способів основного обробітку ґрунту. *Зернові культури*. Дніпро, 2018. Том 2, № 2, С. 324–329. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0043>. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

27. Шевченко М. С., **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М., Деревенець-Шевченко К. А., Швець Н. В. Агробіологічні та технологічні методи підвищення протиерозійного потенціалу ґрунтів у сівозміні. *Agrology*. Дніпро, 2019. Vol. 2(2), P. 122–127. <https://doi.org/10.32819/019018>. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

28. Шевченко М. С. , **Шевченко С. М.**, Деревенець-Шевченко К. А., Швець Н. В. Техногенний рівень землеробства і асоціативна мінливість бур'янів в агроценозах. *Зернові культури*. Дніпро, 2019. Том 3. № 1. С. 83–92. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0064>. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

29. Ткаліч Ю. І., **Шевченко С. М.**, Козечко В. І. Особливості захисту посівів пшениці озимої від бур'янів у сівозміні після соняшнику. *Карантин і захист рослин*. Київ, 2020. 2–3 (260), С. 45–49. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2020>. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

30. Цилюрик О. І., **Шевченко С. М.**, Гончар Н. В., Шевченко О. М., Деревенець-Шевченко К. А., Швець Н. В. Біологічна активність ґрунту короткоротаційної сівозміни за максимального насичення соняшником. *Науково-технічний бюлетень: Інституту олійних культур НААН*. Запоріжжя, 2021. № 30, С. 105–115. doi:10.36710/ioc-2021-30-11. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 65 %).

31. Ткаліч Ю. І., Циліорик О. І., Козечко В. І., **Шевченко С. М.**, Гончар Н. В., Рудаков Ю. Н. Технічна ефективність бакових сумішей гербіцидів у посівах соняшнику в умовах Північного Степу України. *Зернові культури*. Дніпро, 2021. Том 5. № 2. С. 356–367. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0196>. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 40 %).

32. Shevchenko M. S., Mytsyk A. A., **Shevchenko S. M.**, Pozniak V. V., Tkalich Y. I. Optimization of the phytotoxic effect of herbicide mixtures in winter wheat crops of agrocenoses of the steppe ecotype. *Agrology*. Dnipro, 2023. 5(3), 87–91. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

33. Mytsyk O. O., Havriushenko O. O., **Shevchenko S. M.**, Hulencko O. I. Effect of long-term phytoremediation on the soil genesis potential of the technozems of the Pokrov research station. *Зернові культури*. Дніпро, 2023. Том 7. № 2. С. 350–357. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0297>. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 40 %).

Статті у наукових виданнях інших держав

34. **Shevchenko S. M.**, Shevchenko O. M., Parlikokoshko M. S. Soil conditions and germination corn seeds in the Steppe of Ukraine. *SWorldJournal*, Vol.J21509 Scientific world, 2015. P. 25–30. <http://www.sworldjournal.com/e-journal/j21509.pdf> (date: 25/09/2015) (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

35. Tsyliuryk A. I., **Shevchenko S. M.**, Gonchar N. V., Ostapchuk YA. V., Shevchenko O. M., Derevenets-Shevchenko K. A. Agrophysical and biotic factors of regulation of biological activity of soil in the crop rotation. *ACTA TECHNICA CORVINIENSIS. Bulletin of Engineering*. Tome XII [2019] | Fascicule 3 July-September. P. 111–113. (<http://acta.fih.upt.ro/pdf/archive/ACTA-2019-3.pdf>).

(Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

Тези і матеріали наукових конференцій

36. Шевченко О. М., **Шевченко С. М.**, Ляшенко Н. О., Швець Н. В. Гербіциди і генетичний потенціал гібридів кукурудзи в регулюванні економічної ефективності виробництва зерна. *Науковий збірник «Вісник степу»* Випуск №3 Кіровоград, 2006 р. С. 68–69.

37. Шевченко О. М., **Шевченко С. М.**, Швець Н. В. Гербіциди як екологічний і економічний фактор при вирощуванні кукурудзи. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 100-річчю засновника школи біологічної рекультивациі земель професора М. О. Бекаревича «Раціональне землевикористання рекультивованих та еродованих земель: досвід, проблеми, перспективи»*. Дніпропетровськ, 2006. С. 35–36.

38. Шевченко О. М., **Шевченко С. М.**, Приходько В. І., Швець Н. В. Агроекологічна і економічна ефективність протибур'янового комплексу за вирощування кукурудзи. *Науково-практична конференція молодих учених і спеціалістів «Високоєфективні технології – шлях до стабілізації аграрного виробництва» 28–30 листопада 2011 року*. Київ-Чабани. С. 4–5.

39. **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М. Системи землеробства, агротехнології і видозміна бур'янів. *Природне агровиробництво в Україні: проблеми становлення, перспективи розвитку: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Дніпропетровськ, 22–23 жовтня 2015)*. Дніпропетровськ: РВВ ДДАЕУ, 2015. С. 95–97.

40. **Шевченко С. М.**, Семеренко К. О. Підвищення ефективності гербіцидів в посівах кукурудзи на основі розширення спектру фітотоксичної дії. *Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки»*. Кіровоград, 5-6 листопада 2015 р. С. 112–113.

41. **Шевченко С. М., Шевченко О. М., Головка А. В.** Тотальні агротехнологічні заходи проти амброзії полинолистій. *Матеріали регіональної науково-практичної конференції «Еколого-ноосферне вчення академіка М. Т. Масюка та його відображення в освіті, науці та агросфері України», присвяченої 80-річчю з Дня народження М. Т. Масюка.* м. Дніпро 21 жовтня 2016 р. С. 56–58.

42. **Шевченко С. М., Шевченко О. М., Остапчук Я. В.** Еколого-технологічні основи стабілізаційної стратегії розвитку землеробства. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 150-річчю професора С. Л. Франкфурта.* м. Київ, 18 листопада 2016 р. С. 362–363.

43. **Шевченко С. М., Шевченко О. М., Пронько А. С.** Основні напрями підвищення використання орних земель. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 150-річчю професора С. Л. Франкфурта.* м. Київ, 18 листопада 2016 р. С. 363–365.

44. **Шевченко С. М., Шевченко О. М., Сарана А. А.** Способи і знаряддя обробітку ґрунту в сучасному землеробстві. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 150-річчю професора С. Л. Франкфурта.* м. Київ, 18 листопада 2016 р. С. 365–368.

45. Шевченко М. С., **Шевченко С. М.,** Даценко І. М. Методи біоенергетичної оцінки і оптимізації функціонування агроценозів. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур»* м. Дніпро, 22–23 листопада 2016 р. С. 259–263.

46. **Shevchenko S. M.,** Shevchenko O. M., Korin N. L. Struggle with quarantine plants Ambrosia. «Сучасний стан і перспективи розвитку аграрного сектору України». *Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція молодих учених 19–20 жовтня 2016 р.* м. Дніпро. С. 21–26.

47. **Шевченко С. М., Шевченко О. М., Швець Н. В.** Способи регулювання родючості ґрунту на основі ресурсів агробіоценотичного походження. «Сучасний стан родючості чорноземних ґрунтів і шляхи підвищення продуктивності

сільськогосподарських культур» *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. 2016 р. м. Дніпро. С. 88–91.

48. **Шевченко С. М.**, Копильцов Д. О., Кулікова А. В. Інноваційно-технологічна система проти амброзії полинолістої. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 150-річчю професора С. Л. Франкфурта. м. Київ, 18 листопада 2016 р.* С. 362–363.

49. **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М. Адаптація фітотоксичного спектру гербіцидів до резистентності бур'янових синузій в посівах кукурудзи. «*Новітні технології – шлях до сталого розвитку АПК України*». *Матеріали Всеукраїнської наукової конференції (м. Полтава 18 травня 2017 р.)* за ред. А.В. Кохана. Полтава, 2017. С. 61–65.

50. **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М., Швець Н. В. Природничі та інтелектуальні джерела народження науки гербології. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Новітні системи землеробства та шляхи підвищення еколого-біологічної ефективності використання земель в сучасному агрокомплексі» (м. Дніпро, 25–26 травня 2017 р.)*. Дніпро : ДДАЕУ 2017. С. 89–92.

51. **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М. Оптимізація диференційованого використання макро- і мікродобрив за вирощування кукурудзи. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Новітні системи землеробства та шляхи підвищення еколого-біологічної ефективності використання земель в сучасному агрокомплексі» (м. Дніпро, 25–26 травня 2017 р.)*. Дніпро: ДДАЕУ, 2017. С. 200–203.

52. **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М. Біотехногенне майбутнє степових агроecosистем в кліматичному аспекті. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Новітні системи землеробства та шляхи підвищення еколого-біологічної ефективності» (м. Дніпро, 25–26 травня 2017 р.)*. Дніпро: ДДАЕУ 2017. С. 203–206.

53. **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М., Онищенко Р. О. Особливості гербокритичних періодів і фітоценотичної стійкості сільськогосподарських

культур. *Матеріали XII Міжнародної конференція молодих учених та спеціалістів, присвяченої 100-річчю від Дня створення Національної наукової сільськогосподарської бібліотеки НААН України*. К. : ТОВ «Центр поліграфії «КОМПРИНТ», 2017. С. 35–36.

54. **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М., Феленко В. Л. Оптимізація розміщення посівів за трансформації аграрного ринку в умовах степової зони. *XII Матеріали Міжнародної конференції молодих учених та спеціалістів, присвяченої 100-річчю від Дня створення Національної наукової сільськогосподарської бібліотеки НААН України*. К. : ТОВ «Центр поліграфії «КОМПРИНТ», 2017. С. 34–35.

55. **Шевченко С. М.**, Швець Н. В., Даценко І. М. Біологічні та технологічні методи оптимізації агрофізичного та енергетичного режимів при вирощуванні ярих культур. *Матеріали XII Міжнародної конференції молодих учених та спеціалістів, присвяченої 100-річчю від Дня створення Національної наукової сільськогосподарської бібліотеки НААН України*. К. : ТОВ «Центр поліграфії «КОМПРИНТ». 2017. С. 39–41.

56. **Шевченко С. М.** Шевченко О. М., Швець Н. В. Гербокритичні та суцесійні особливості активності *Orobancha Cuman Wallr.* залежно від частоти повернення соняшника в сівозміні. *Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Стан і перспективи впровадження ресурсощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (м. Дніпро, 15–16 листопада 2017 р.)*. Дніпро: ДДАЕУ, 2017. С. 170–172.

57. **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М., Швець Н. В. Основні напрямки регулювання біоенергетичного балансу в землеробстві. *Матеріали регіональної науково-практичної інтернет-конференції «Зрошуване землеробство: сьогодення, проблеми, перспективи» (2-3 листопада 2017 р.)* : [До 80-річчя професора Ківера В.Х.]. Дніпро : ДДАЕУ, 2017. С. 51–53.

58. **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М., Швець Н. В. Фітоценотична конкурентоздатність сільськогосподарських культур. *Наукове забезпечення інноваційного розвитку та адаптація агропромислового виробництва в умовах*

трансформації клімату: *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції*, Дніпро. Полтава, 24-25 травня 2018 р. Дніпровський державний аграрно-економічний університет; Полтавська державна сільськогосподарська дослідна станція ім. М. І. Вавилова ІС і АПВ НААН. Полтава, 2018. С.134–137.

59. Tsyliuryk A. I., **Shevchenko S. M.**, Gonchar N. V., , Ostapchuk Ya. V., Shevchenko O. M., Derevenets-Shevchenko K. A. Agrophysical and biotic factors of regulation of biological activity of soil in the crop rotation. *Agricultural and mechanical engineering: Materials of International Symposium ISB-INMA TECH* (Bucharest, 01-03 November, 2018) 2018. p.185–191.

60. **Шевченко С. М.**, Салова Л. О., Шевченко О. М., Деревенець-Шевченко К. А. Розвиток систем контролювання бур'янів в процесі еволюції землеробства в зоні Степу. *Сучасні погляди на родючість чорноземів та інноваційні шляхи їх покращення: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції присвяченої 130 річниці з початку дослідження ґрунтів, рослинності, геологічних умов Полтавської губернії, Полтава, 05 жовтня 2018 р.* Полтавська державна сільськогосподарська дослідна станція ім. М. І. Вавилова ІС і АПВ НААН. Полтава, 2018. С. 25–27.

61. **Шевченко С. М.**, Момот К. О., Шевченко О. М., Деревенець-Шевченко К. А. Біологічні особливості і фітотоксична реакція Ваточника Сирійського (*Asclepias Syriaca* L.) на застосування гербіцидів. *Сучасні погляди на родючість чорноземів та інноваційні шляхи їх покращення: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції присвяченої 130 річниці з початку дослідження ґрунтів, рослинності, геологічних умов Полтавської губернії, м. Полтава, 05 жовтня 2018 р.* Полтавська державна сільськогосподарська дослідна станція ім. М. І. Вавилова ІС і АПВ НААН. Полтава, 2018. С. 29–32.

62. **Шевченко С. М.**, Хейлик Д. К., Швець Н. В., Хижняк А. А. Методика оцінки водовбирної здатності ґрунтів. *Актуальні проблеми науково-інноваційного забезпечення виробництва зерна в контексті сучасних ринкових умов : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих*

вчених і спеціалістів (м. Дніпро, 30-31 травня, 2019 р.). НААН, ДУ Інститут зернових культур. Дніпро, 2019. С. 128–130.

63. **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М. Домінування системних методів в регулюванні фітоценотичної та алергенної шкодочинності амброзії в складних біоландшафтах. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (м. Дніпро, 20 листопада 2019 р.)*. Дніпро: ДДАЕУ, 2019. С. 114–116.

64. Шевченко М. С., Десятник Л. М., Швець Н. В., **Шевченко С. М.** Мінімізація основного обробітку ґрунту та модернізація агрофізичної теорії. *Сучасні тенденції в сільському господарстві «Матеріали Всеукраїнської дистанційної науково-практичної конференції» м. Полтава, 07 жовтня 2020 р.* С. 97–98.

65. Шевченко М. С., Десятник Л. М., **Шевченко С. М.**, Муратов А. А. Нове агрофізичне трактування мінімального основного обробітку ґрунту. *Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (м. Дніпро, 26 листопада 2020 р.)*. Дніпро: ДДАЕУ, 2020. С. 185–188.

66. **Шевченко С. М.**, Малик Д. С., Гунський О. В., Шевченко О. М. Формування забур'яненості посівів пшениці озимої та ефективні методи її контролювання. *Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (м. Дніпро, 26 листопада 2020 р.)*. Дніпро: ДДАЕУ, 2020. С. 189–190.

67. **Шевченко С. М.**, Швець Н. В., Волошин А. О., Плеухов К. М., Боговенко І. О. Особливості домінування *Orobanchе citalpa* Wallr. в соняшника в короткоротаційних сівоzmінах. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів, молодих учених та спеціалістів 3 грудня 2021 р.* Харків, 2021. № 1. С. 96–97.

68. **Шевченко С. М.**, Цюрюпа Б. Г., Кривошлик О. І., Новосьолова Д. А., Гавриленко Н. В. Залежність фітоценотичної стійкості сільськогосподарських культур від тривалості гербокритичного періоду. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів, молодих учених та спеціалістів 3 грудня 2021 р.* Харків, 2021. № 1. С. 98–99.

69. **Шевченко С. М.**, Деревенець-Шевченко К. А., Хижняк А. А., Осадчук О. В., Липарь О. А. Адаптивні та фітотоксичні механізми підвищення ефективності контролювання амброзії полинолістої в посівах польових культур. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів, молодих учених та спеціалістів 3 грудня 2021 р.* Харків, 2021. № 1. С. 100–101.

70. Ткаліч Ю.І., Мищик О.О., **Шевченко С.М.** Агропромислова та техногенна оптимізація використання земель сільськогосподарського призначення в степовій зоні. *Зернова галузь – проблеми та перспективи технологічного забезпечення: Матеріали Міжнародної наукової конференції з нагоди 100-річчя від Дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН Валентина Сергійовича Цикова (Дніпро, 12–13 жовтня 2023 р.).* НААН, ДУ Інститут зернових культур. Дніпро, ДУ ІЗК НААН 2023. С. 89–91.

71. **Шевченко С.М.**, Шевченко О.М., Ткаліч Є.Ю. Стан потенційної забур'яненості та методи її регулювання в агротехногенних системах Степу. *Гербологія в сучасному екологічно безпечному землеробстві. Матеріали XIII науково-практичної конференції.* Київ, 2023. 90 с.

72. Шевченко М. С., **Шевченко С. М.** Джерела і витoki степової гербології. *Гербологія в сучасному екологічно безпечному землеробстві. Матеріали XIII науково-практичної конференції.* Київ, 2023. С. 84–86.

73. Ткаліч Ю. І., **Шевченко С. М.** Методи адаптивного добору спектру фітотоксичної дії гербіцидів в посівах пшениці озимої. *Гербологія в сучасному екологічно безпечному землеробстві. Матеріали XIII науково-практичної конференції.* Київ, 2023. С. 71–73.

74. **Шевченко С. М.**, Стадник Д. І., Деревенець-Шевченко К. А. Банк

насіння бур'янів в ґрунті та формування актуальної забур'яненості в фітоценозах. *Зернова галузь – проблеми та перспективи технологічного забезпечення: Матеріали Міжнародної наукової конференції з нагоди 100-річчя від Дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН Валентина Сергійовича Цикова (Дніпро, 12–13 жовтня 2023 р.).* НААН, ДУ Інститут зернових культур. Дніпро, ДУ ІЗК НААН 2023. С. 91–93.

75. **Шевченко С. М.,** Мороз О. Ю., Шевченко О. М. Динаміка забур'яненості посівів в сівоzmінах степового екотипу. *Зернова галузь – проблеми та перспективи технологічного забезпечення: Матеріали Міжнародної наукової конференції з нагоди 100-річчя від Дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН Валентина Сергійовича Цикова (Дніпро, 12–13 жовтня 2023 р.).* НААН, ДУ Інститут зернових культур. Дніпро, ДУ ІЗК НААН 2023. С. 100–101.

76. **Шевченко С. М.,** Осняч А. І., Ковіка С. В., Янакій О. В., Гавриленко Н. В. Залежність твердості ґрунту від динаміки вологозабезпеченості в степовій зоні. *Зернова галузь – проблеми та перспективи технологічного забезпечення: Матеріали Міжнародної наукової конференції з нагоди 100-річчя від Дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН Валентина Сергійовича Цикова (Дніпро, 12–13 жовтня 2023 р.).* НААН, ДУ Інститут зернових культур. Дніпро, ДУ ІЗК НААН 2023. С. 101–102.

77. Деревенець-Шевченко К. А., Шевченко О. М., **Шевченко С. М.** Ґрунтозахисні системи обробітку і особливості формування шкідливого комплексу в посівах кукурудзи. *Current challenges of science and education. Proceedings of the 5th International scientific and practical conference.* MDPC Publishing. Berlin, Germany. 2024. pp. 19–23.

78. Dent D., **Shevchenko S.** Smart agricultural technology for profit, sustainability and environmental safety. *Наукові основи адаптивного землеробства: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції з нагоди 100-річчя від Дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка ФЕДОРА ТРОХИМОВИЧА МОРГУНА, 90-річчя*

Агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету та Міжнародного дня здоров'я рослин (16-17 травня 2024 року, м. Дніпро). Дніпро: ДДАЕУ, 2024. С. 220–222.

Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації

Патенти на корисну модель

79. Лебідь Є. М., Шевченко М. С., Мойсеєнко В.П., Шевченко О. М., **Шевченко С. М.** Патент № 13812 Україна, МПК (2006) A01B79/02. «Спосіб боротьби з бур'янами» Оpubліковано 2006 р. Бюлетень №4.

80. Лебідь Є. М., Горобець А. Г., Горбатенко А. І., Шевченко М. С., Мойсеєнко В. П., Шевченко О. М., **Шевченко С. М.** Патент № 21526 Україна, МПК A01B79/02 (2007.01). «Спосіб боротьби з бур'янами на полях, вкритих пожнивними рештками» Промислова власність, Бюлетень №3 книга 1 2007 р.

81. Лебідь Є. М., Циков В. С., Шевченко М. С., Мойсеєнко В. П., Горобець А. Г., Горбатенко А. І., Лінський А. М., Шевченко О. М., **Шевченко С. М.** Патент №25125 Україна, «Опрыскувач». Промислова власність, 2007 р. Бюлетень №11 книга 1.

82. Лебідь Є. М., Циков В. С., Черенков А. В., Шевченко М. С., Мойсеєнко В. П., Пащенко Ю. М., Шевченко А. М., **Шевченко С. М.**, Гирка А. Д. Пат. 39123 Україна, МПК A01C21/00 (2009.02). Спосіб удобрення ґрунту і сівби насіння рослин . Власник: Інститут зернового господарства УААН. № U 200809564; заявл. 21.07.2008; опубл. 10.02.2009, Бюл. №3 (кн. 1).

Статті в інших виданнях

83. Шевченко М. С., Шевченко О. М., **Шевченко С. М.** Прорив на кукурудзяному полі. *Практичний посібник аграрія «Agroexpert»*. Жовтень, 2013. №10 (63). С. 22–25 . *(Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).*

84. Шевченко О. М., **Шевченко С. М.** Епоха потепління і кукурудза.

Журнал «Farmer». №3 (51). Березень, 2014. С. 42–44. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

85. **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М. Агротехнічна система проти шкодочинності амброзії полинолистої. *Журнал «Агроном». № 1 (43). Лютий, 2014. С. 64–68. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).*

86. Шевченко М. С., Шевченко О. М., **Шевченко С. М.** Соняшник: економічний стрибок чи екологічний баланс. *Практичний посібник аграрія «Agroexpert». Березень, 2014. № 3 (68). С. 22–27. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).*

87. Шевченко М. С. **Шевченко С. М.**, Десятник Л. М. Зберегти силу чорнозему. *Farmer. № 9 (81). Вересень, 2016. С. 48–52. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 75 %).*

88. Шевченко М. С., Десятник Л. М., **Шевченко С. М.** Принцип диференціації. *Farmer. №12 (84). Грудень, 2016. С. 62–64. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).*

89. Шевченко М.С. Десятник Л. М., **Шевченко С. М.**, Деревенець-Шевченко К. А. Невгамовний вовчок. *Farmer. №1 (97). Вересень, 2018. С. 54–56. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).*

90. Шевченко М. С., Шевченко О. М., **Шевченко С. М.** Екологія, енергетика, економіка і систематика агротехнологій. *Ексклюзивні технології. 2018. С. 14–20. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).*

91. Шевченко М., Черчель В., **Шевченко С.** Наука підвищує врожай. *The Ukrainian Farmer. Вересень, 2020. С. 16–17. (Проведення експериментальних*

досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

Навчальний посібник

92. Черчель В. Ю., Шевченко М. С., Десятник Л. М., **Шевченко С. М.** Контролювання деградації ґрунтів і підвищення їх родючості: Навчальний посібник. Київ : Agrarian Science, 2020. 168 с. *(Здобувачем встановлено основні засади контролювання щодо деградації ґрунтів і підвищення їх родючості).*

Методичні рекомендації

93. Лебідь Є. М., Циков В. С., Пащенко Ю. М., Шевченко М. С., Кирпа М. Я., Пащенко Н. А., Кордин О. І., **Шевченко С. М.** Методика проведення польових дослідів. Інститут зернового господарства, Дніпропетровськ, 2008. 27с.

94. А. В. Черенков, М. С. Шевченко, В. Ю. Черчель, В. В. Мороз, Є. М. Лебідь, В. С. Циков, Б. В. Дзюбецький та інші [**С. М. Шевченко**]. Особливості проведення весняно-польових робіт в зоні Степу в 2012 році. Рекомендовано вченою радою ДУ Інституту сільського господарства степової зони НААН України. Дніпропетровськ, 2012. 111 с.

95. Черенков А. В., Циков В. С., Дзюбецький Б. В., Шевченко М. С., Краснєнков С. В., Кирпа М. Я., Черчель В. Ю. та інші [**С. М. Шевченко**]. Інтенсифікація технологій вирощування кукурудзи на зерно – гарантія стабілізації урожайності на рівні 90-100 ц/га (практичні рекомендації). Рекомендовано вченою радою ДУ Інституту сільського господарства степової зони НААН України (протокол №6 від 12 квітня 2012 р.). Дніпропетровськ, 2012. 30с.

96. Швайка І. О., Гадзало Я. М., Заришняк А. С., Іващенко О. О. та інші [**С.М. Шевченко**]. Сівба озимих культур-основа високого врожаю. Рекомендації з впровадження інноваційних агротехнологій для зони Степу в 2014. Дніпропетровськ. 39 с.

97. Павленко О. М., Краснопольский Я. В., Сухомлин Л. В., Гадзало Я. М.

та інші [С. М. Шевченко]. Освоєння інноваційно-технологічного комплексу весняно-польових робіт в степовій зоні. Науково-практичні рекомендації з вирощування сільськогосподарських культур в 2015 році. Дніпропетровськ, ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААНУ, 2015. 59 с.

98. Павленко О. М., Краснопольський Я. В., Топчій В. М., Сухомлин Л. В., Гадзало Я. М., та інші [С. М. Шевченко] Агротехнологічна та інноваційна стратегія проведення весняно-польових робіт в умовах 2016 року. Науково-практичні рекомендації з вирощування сільськогосподарських культур в 2016 році. ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН України. Дніпро, 2016. 90 с.

99. Топчій В. М., Сухомлин Л. В., Гадзало Я. М., Черенков А. В., Шевченко М. С., Черчель В. Ю., та інші [С. М. Шевченко]. Весняному полю – інноваційні сорти і технології. Науково-практичні рекомендації з вирощування сільськогосподарських культур в 2017 році. ДУ Інститут зернових культур НААН України. Дніпро, 2017. 59 с.

ЗМІСТ

	стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	33
ВСТУП.....	34
РОЗДІЛ 1 ЕВОЛЮЦІЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННИХ КОМПЛЕКСІВ ЗЕМЛЕРОБСТВА, ЇХ СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ: ІСТОРІЯ, ТЕОРІЯ І НАПРЯМИ ОСВОЄННЯ (огляд літератури).....	43
1.1. Системи землеробства, сівозміни і обробіток грунту та формування екологічно-безпечних агрокомплексів.....	43
1.2. Регулювання шкодочинності бур'янів в агроекосистемах на основі агротехнічних прийомів та хімічних засобів.....	75
1.3. Методи управління еволюційними процесами в розвитку рекультивованих та зональних екотопів.....	86
Висновки до розділу 1.....	91
РОЗДІЛ 2 ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	93
2.1. Ґрунтова характеристика техногенних та культурних територій	93
2.2. Погодно-кліматичні умови зони та особливості гідротермічної ситуації в роки досліджень.....	99
2.3. Методика проведення досліджень.....	112
Висновки до розділу 2.....	117
РОЗДІЛ 3 ТРАНСФОРМАЦІЯ АГРОФІЗИЧНИХ ТА ФІЗИКО- МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТІВ ПІД ВПЛИВОМ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ...	118

3.1. Трансформація твердості ґрунту під впливом основних факторів землеробства.....	118
3.2. Динаміка щільності складення ґрунту під впливом техногенного навантаження.....	133
3.3. Закономірності рухомості води в ґрунті, доступності її рослинам і умови вологозабезпечення...	145
3.4. Агросистемні методи регулювання вологоспоживання в агроценозах.....	161
3.5. Удосконалення класичних методів визначення вологості ґрунту в сучасних системах землеробства....	168
3.6. Агробіологічні та технологічні методи підвищення протиерозійного потенціалу ґрунтів у сівозміні.....	174
Висновки до розділу 3.....	186
РОЗДІЛ 4 ДИНАМІКА ВИДОВОГО СКЛАДУ БУР'ЯНОВИХ СИНУЗІЙ АГРОФІТОЦЕНОЗІВ.....	189
4.1. Техногенний рівень землеробства і асоціативна мінливість бур'янів в агроценозах.....	189
4.2. Оцінка загальної щільності забур'яненості та банку насіння бур'янів агроландшафтів.....	202
4.3. Фітоценотична стійкість сільськогосподарських культур та тривалість гербокритичного періоду.....	217
4.4. Оптимізація регламентів застосування гербіцидів в посівах сільськогосподарських культур.....	226
4.4.1. Особливості захисту посівів пшениці озимої від бур'янів в сівозміні.....	226
4.4.2. Вплив системного застосування гербіцидів на врожайність зерна кукурудзи.....	237

4.5. Контролювання автотрофних бур'янів та вовчка соняшникового у посівах соняшнику за допомогою сівозміни та обробітку ґрунту.....	245
Висновки до розділу 4	256
РОЗДІЛ 5 ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ ПЕРСПЕКТИВНИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА В УМОВАХ ВИСОКОГО ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ.....	258
5.1. Ефективність використання добрив в сівозміні залежно від прийомів основного обробітку ґрунту.....	258
5.2. Вплив прийомів ґрунтозахисного обробітку на баланс гумусу та макроелементів у сівозміні.....	266
5.3. Трансформація гумусового стану чорнозему в сівозмінах різної інтенсивності.....	277
5.4. Агрофізичний стан та біологічна активність ґрунту.....	280
5.5. Трансформація біологічної конкурентності попередників в сівозмінах.....	286
5.6. Фактори землеробства та регулювання ростової реакції сільськогосподарських рослин.....	300
5.7. Диференціація технологій вирощування сільськогосподарських культур залежно від ресурсного забезпечення.....	305
Висновки до розділу 5.....	313
РОЗДІЛ 6 РЕЗУЛЬТАТИ ВИРОБНИЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ ВИКОРИСТАННЯ ЕКОТОПІВ СТЕПОВОЇ ЗОНИ	316
6.1. Ефективність прийомів основного обробітку ґрунту при вирощуванні соняшника.....	316

6.2. Ефективність прийомів основного обробітку ґрунту та контролювання бур'янів при вирощуванні соняшника.....	325
6.3. Напрямки мінімалізації основного обробітку чорного пару при вирощуванні пшениці озимої.....	331
Висновки до розділу 6.....	340
РОЗДІЛ 7	
БІОЕНЕРГЕТИЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ ПАРАМЕТРИ ОЦІНКИ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННИХ КОМПЛЕКСІВ.....	342
7.1. Технологічні прийоми оптимізації економічної ефективності функціонування агроценозів.....	342
7.2. Біоенергетична ефективність різних агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур.....	352
Висновки до розділу 7.....	356
ВИСНОВКИ.....	358
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	366
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	368
ДОДАТКИ.....	420

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

ДДАЕУ – Дніпровський державний аграрно-економічний університет

НААН – Національна академія аграрних наук України

ДНУ – Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

МАН – Мала академія наук

ДР – державна реєстрація

НАН – Національна академія наук

ДУ ІЗК – Державна установа Інститут зернових культур

РРР – регулятори росту рослин

ФГ – фермерське господарство

ДП – Державне підприємство

КАС – карбамідно-аміачна суміш

РКД – рідкі комплексні добрива

МТА – машино-тракторні агрегати

ФАР – фізіологічно активні речовини

ДСТУ – державний стандарт України

ОЦГ – обласний центр з гідрометеорології

ВВСН – загальноприйнята у світі шкала фаз росту і розвитку рослин

SD – standard deviation

ННЦ НДП – навчально-науковий центр науково-дослідне поле

НДС РЗ – науково-дослідна станція з рекультивації земель

ПАР – поверхнево-активна речовина

ДС – Дослідна станція

ВСТУП

Актуальність теми. Землеробство степової зони України як частина природно-техногенних комплексів знаходиться на стадії глибокої трансформації внаслідок макроструктурних змін характеру рослинницької продукції, інтенсивного насичення ґрунтообробною технікою нового покоління, посилення ролі засобів хімізації та впровадження високопродуктивних сортів і гібридів сільськогосподарських культур.

За останні 20 років антропогенний пресинг на агроєкосистеми посилюється за рахунок зростання в структурі посівних площ культур з високим рівнем використання запасів вологи та поживних речовин (кукурудза, соняшник, пшениця озима), що суттєво погіршує ресурсний баланс в агроєкосистемах. Значно знизилася надходження в ґрунт органічної речовини як сировини для процесів гуміфікації, що порушило гумусовий баланс в ґрунті і призвело до стійкої тенденції зниження родючості.

За умов інтенсифікації відчуження ґрунтових ресурсів з урожаєм сільськогосподарських культур та втрати протиерозійної стійкості ґрунтами зони Степу нові адаптивні функції висуваються до системи основного обробітку ґрунту. За наявності значної кількості модифікацій знарядь для обробітку ґрунту необхідно розробити модель диференційованої системи в сівозмінах, яка здатна збалансувати режим вологозабезпечення, колообіг органічної речовини і біоенергетичних складових, сприяти ефективному використанню добрив та пестицидів.

Програма збереження земельних ресурсів набуває актуальності у зв'язку з необхідністю відновлення території сільськогосподарського призначення на основі рекультивації ландшафтів порушених в результаті промислової розробки корисних копалин.

Адаптація системи використання земельних ресурсів, впровадження сівозмін і прийомів основного обробітку ґрунту повинна корегуватися з кліматичними процесами, які характеризуються стійким підвищенням

температур, порційністю опадів та широтним переміщенням традиційних ґрунтово-кліматичних зон. Особливої гостроти набувають тенденції посилення ознак зростання посушливих явищ. Динаміка трансформації агроєкосистем стала детермінаційним елементом для всіх без виключення системоутворюючих фрагментів, якими є якість ґрунтів, агрофізичні параметри, біологічні об'єкти продуктивного призначення і шкодочинного впливу. Серед факторів негативного впливу найбільш небезпечними залишаються бур'яни, які за багатьма конкурентними позиціями переважають культурні рослини і використовують 20–60 % природних та технологічних ресурсів.

Проблема зростання шкодочинності бур'янів і втрати значної частини урожаю до 15–40 % посилюється їх фітоценотичною стійкістю, формуванням резистентного спектру фітоценозів бур'янів до існуючих гербіцидів, зростанням потенційної небезпеки від бур'янів у зв'язку з розповсюдженням безполицевих прийомів обробітку ґрунту, ускладненням технології цільового застосування гербіцидів.

Для прогнозування розвитку фітоценозів бур'янів та планування заходів ефективної боротьби з ними важливим є зв'язок між природними, рекультивованими та польовими їх угрупованнями.

Для практичної реалізації основ ведення землеробства за системного формування природно-техногенних комплексів важливим є теоретичне обґрунтування таких організаційних і технологічних позицій як структура посівних площ, сівозмінна ротація прийомів обробітку ґрунту, формування фітоценотично стійких посівів сільськогосподарських культур, а також специфіки застосування агротехнологій на рекультивованих землях.

Тобто агросистемне об'єднання потенціалу природних ресурсів та існуючого арсеналу засобів виробництва в створенні еколого-біологічного комплексу землеробства зони Степу є актуальним для розробки стійких виробничих систем з ринковою орієнтацією.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертаційної роботи були складовою частиною

напрямку наукової діяльності кафедри загального землеробства та ґрунтознавства Дніпровського державного аграрно-економічного університету: «Еволюція техногенних і культурних ландшафтів степового Придніпров'я в контексті сталого розвитку та екологічної безпеки» за № ДР 0111U004989, «Наукові основи методів управління еволюційними процесами землеробства на основі формування екологічно збалансованих агроєкосистем в зоні антропогенного порушення природних ландшафтів та сільськогосподарського використання рекультивованих і зональних екотопів» № ДР 0115U007128, «Наукове обґрунтування адаптації систем землеробства в умовах трансформації клімату в зоні Степу України» № ДР 0120U105780. Також наукова робота виконувалася згідно договору про науково-технічне співробітництво в галузі аграрної науки та освіти між Державною установою Інститут зернових культур НААН України та Дніпровським державним аграрно-економічним університетом.

Об'єкт дослідження – процеси управління еколого-біологічними параметрами в системах природного та техногенного землекористування на основі оптимізації сівозмін, прийомів обробітку ґрунту, контролювання фітоценозів бур'янів.

Предмет дослідження – ґрунти степової зони та техногенних едафотопів, їх агрофізичні параметри, короткоротаційні сівозміни, фітоценози бур'янів, реакція сільськогосподарських культур на техногенне середовище.

Мета і завдання дослідження – розробити оптимальні параметри функціонування природних та техногенних комплексів у землеробстві на основі методів технологічного управління ґрунтовими режимами і ресурсами життєзабезпечення сільськогосподарських культур та стійкого посилення елементів відновлювального землеробства.

Досягнення загальної мети дослідження здійснювалося шляхом поетапного вирішення окремих блоків проблеми:

– розробити моделі агроєкосистем на базі оптимальних фізико-механічних параметрів ґрунтового середовища;

- модернізувати прийоми обробітку ґрунту в напрямку підвищення протиерозійної стійкості і зростання родючості ґрунтів;
- визначити параметри альтернативного застосування рослинних рештків в регулюванні балансу органічної речовини в ґрунтах;
- встановити основні тенденції еволюції едафотопів в процесі тривалого технологічного використання;
- ідентифікувати процеси трансформації видового складу бур'янів в природних та техногенних системах;
- суттєво обмежити шкодочинність бур'янів шляхом ефективного добору фітотоксичного спектру гербіцидів в складних фітоценозах бур'янів;
- оптимізувати структуру посівних площ та розробити методи технологічної нейтралізації негативних елементів сівозмінного фактору;
- розробити теоретичну базу мінімалізації і диференціації обробітку ґрунту для різних агросистем;
- визначити детермінаційну структуру агросистемних та технологічних факторів в енергетичному колообігу елементів землеробства.

Методи дослідження. В процесі виконання роботи застосовували методи польових та лабораторних досліджень. Дослідження проводилися з використанням загальноприйнятих методик і сучасного сертифікованого обладнання. Застосовувалися як емпіричні, так і теоретичні методи: виявлення та розв'язання суперечностей, постановка проблеми, внесення гіпотези, доведення позиції, аналіз, порівняння, узагальнення, моделювання, а також вивчення та узагальнення досвіду, дослідна робота, спостереження, вимірювання, ретроспективи. Під час математично-статистичного опрацювання даних застосовувалися методи дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізів із застосуванням сучасних комп'ютерних програм.

Наукова новизна одержаних результатів досліджень полягає у тому, що *вперше*:

- розроблено оптимальні параметри функціонування природних та техногенних комплексів у землеробстві, заснованих на методах технологічного

управління ґрунтовими режимами та ресурсами життєзабезпечення сільськогосподарських культур;

- обґрунтовано принципи мінімалізації обробітку ґрунту з позиції регулювання твердості, щільності складення ґрунту та ефективного використання обмежених водних ресурсів;

- модернізовано прийоми обробітку ґрунту в напрямку підвищення протиерозійної стійкості та зростання родючості ґрунтів з використанням рослинних рештків;

- встановлена особливість трансформації видового складу бур'янів залежно від технологій вирощування та насичення культурами сівозміни, а також головні напрямки зниження забур'яненості ґрунту і посівів в природно-техногенних комплексах;

- розроблені регламенти використання нових гербіцидів ґрунтової та вегетативної дії для застосування на посівах колосових зернових культур, кукурудзи на зерно та соняшника, які стали основою рекомендацій для ведення землеробства в степовій зоні;

- проведена економічна та біоенергетична оцінка природно-техногенних комплексів спрямованих на збалансоване використання виробничих ресурсів.

Удосконалено:

- контролювання забур'яненості в умовах трансформації видового складу бур'янів у системах сівозмін і обробітку ґрунту та технологіях вирощування зернових і олійних культур.

Набули подальшого розвитку:

- наукові положення та базова інформація щодо прийомів основного обробітку ґрунту і оптимізації агрофізичного стану чорноземів спрямованого на підвищення протиерозійної стійкості.

Наукове та практичне значення. Одержані результати досліджень мають фундаментальне і прикладне значення в галузі еколого-біологічного управління агротехнологіями в природно-техногенних агроценозах. Наукові положення дисертації розкривають закономірності трансформації агрофізичних показників

ґрунту під впливом прийомів основного обробітку, визначають можливості його мінімалізації і біологічну реакцію культурних рослин.

Основні теоретичні позиції передбачають вихід на практичний результат, який гарантує ефективне використання ресурсів та досягнення високого рівня продуктивності ріллі. Практична цінність роботи полягає в тому, що впроваджено сівозміни, розроблені на основі нового співвідношення впливу попередників, створення агрофізичного фону для додаткового накопичення ґрунтової вологи, досягнення позитивного гумусового балансу.

Завдяки оптимізації фітотоксичної дії гербіцидів і фітоценотичної резистентності бур'янів досягнута можливість контролювання 95–98 % всього різновиду бур'янів. Для базових елементів землеробства розроблені комплексні заходи та технологічні рекомендації, які сприяли скороченню ресурсних і енергетичних витрат на 28–35 %, зростанню вмісту гумусу в ґрунті до 4,45–4,70 %, підвищенню урожайності пшениці озимої на 1,64 т/га, кукурудзи на зерно – 2,54 т/га, соняшника – 0,52 т/га, ячменю ярого – 0,67 т/га.

Особистий внесок здобувача. Автору особисто належить формування концепції і розробка програми досліджень, вибір і обґрунтування напрямку роботи, планування експериментів та їх проведення в польових і лабораторних умовах, аналіз і наукове трактування результатів, внесення власних наукових положень до захисту дисертації, викладення матеріалів в публікаціях. Всі етапи науково-дослідних робіт, результати яких увійшли до дисертації, проведені особисто автором або за його безпосередньої участі – визначення стану проблеми і питань в ній, що потребують вирішення, розробка робочих програм експериментів, підготовка рукописів наукових звітів і опублікованих праць, обґрунтування висновків і рекомендацій виробництву, проведення виробничої перевірки і впровадження розробок у практику агропромислового комплексу. Самостійно та в співавторстві опубліковано наукові праці за результатами досліджень (частка в яких становить 40–100 %).

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукових досліджень доповідалися та обговорювалися на Міжнародній науково-

практичній конференції, присвяченій 100-річчю засновника школи біологічної рекультивациі земель професора М.О. Бекаревича «Рациональне землевикористання рекультивованих та еродованих земель: досвід, проблеми, перспективи» (Дніпропетровськ, 2006); Науково-практичній конференції молодих учених і спеціалістів «Високоєфективні технології – шлях до стабілізації аграрного виробництва» (Київ-Чабани, 2011); Міжнародній науково-практичній конференції «Природне агровиробництво в Україні: проблеми становлення, перспективи розвитку» (Дніпропетровськ, 2015); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки» (Кіровоград, 2015); Регіональній науково-практичній конференції «Еколого-ноосферне вчення академіка М. Т. Масюка та його відображення в освіті, науці та агросфері України» (Дніпро, 2016); Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 150-річчю проф. С. Л. Франкфурта (Київ, 2016); Міжнародній науково-практичній конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (Дніпро, 2016, 2017, 2020); Всеукраїнській науковій конференції «Новітні технології – шлях до сталого розвитку АПК України» (Полтава, 2017); Міжнародній науково-практичній конференції «Новітні системи землеробства та шляхи підвищення еколого-біологічної ефективності використання земель в сучасному агрокомплексі» (Дніпро, 2017); XII Міжнародній конференції молодих учених та спеціалістів, присвяченій 100-річчю від Дня створення Національної наукової сільськогосподарської бібліотеки НААН України (Київ, 2017); Регіональній науково-практичній інтернет-конференції «Зрошуване землеробство: сьогодення, проблеми, перспективи» (Дніпро, 2017); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Наукове забезпечення інноваційного розвитку та адаптація агропромислового виробництва в умовах трансформації клімату» (Дніпро-Полтава, 2018); International Symposium ISB-INMA TECH (Bucharest, 2018); Всеукраїнській науково-практичній конференції присвяченій 130 річниці з початку дослідження ґрунтів, рослинності,

геологічних умов Полтавської губернії «Сучасні погляди на родючість чорноземів та інноваційні шляхи їх покращення» (Полтава, 2018); Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених і спеціалістів «Актуальні проблеми науково-інноваційного забезпечення виробництва зерна в контексті сучасних ринкових умов» (Дніпро, 2019); Міжнародній науково-практичній конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (Дніпро, 2019); Всеукраїнській дистанційній науково-практичній конференції «Сучасні тенденції в сільському господарстві» (Полтава, 2020); Міжнародній науковій конференції з нагоди 100-річчя від Дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН України Валентина Сергійовича Цикова «Зернова галузь – проблеми та перспективи технологічного забезпечення» (Дніпро, 2023); XIII науково-практичній конференції «Стан потенційної забур'яненості та методи її регулювання в агротехногенних системах Степу» (Київ, 2023); 5th International scientific and practical conference «Current challenges of science and education» (Germany, Berlin, 2024); Міжнародній науково-практичній конференції з нагоди 100-річчя від Дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка Федора Трохимовича Моргуна, 90-річчя Агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету та Міжнародного дня здоров'я рослин «Наукові основи адаптивного землеробства» (Дніпро, 2024).

Розробки автора використовувалися під час проведення лекційних та практичних занять в Дніпровському державному аграрно-економічному університеті, Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара, Малій академії наук України та проведення курсів підвищення кваліфікації фахівців аграрної галузі.

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 99 наукових працях, у тому числі книг і монографій – 3, наукових фахових виданнях України – 22, статті у періодичних виданнях, включених до категорії «А»

Переліку наукових фахових видань України, та/або наукових періодичних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus – 8, зарубіжних виданнях – 2, інших виданнях – 9, тезах і матеріалах наукових конференцій – 43, методичних та науково-практичних рекомендаціях – 7, навчальний посібник – 1. Отримано 4 патенти на корисну модель.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертація складається із вступу, 7 розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел, додатків. Роботу викладено на 491 сторінці комп'ютерного тексту, яка містить 108 таблиць, 8 рисунків та 61 додаток. Список використаних літературних джерел включає 518 найменувань, у тому числі – 79 латиницею.

РОЗДІЛ 1

ЕВОЛЮЦІЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННИХ КОМПЛЕКСІВ ЗЕМЛЕРОБСТВА, ЇХ СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ: ІСТОРІЯ, ТЕОРІЯ І НАПРЯМИ ОСВОЄННЯ (огляд літератури)

Сучасне сільське господарство є продуктом зростаючої ролі ринкових відносин і зовнішньоекономічних чинників в аграрному секторі України, а також результатом традицій, сформованих протягом останніх десятиліть. Водночас, очевидно, що потепління клімату та збільшення кількості посух викликали нові вимоги до систем сівозмін, обробітку ґрунту, сільськогосподарських культур, засобів виробництва та захисту рослин, сортів і гібридів. Розвиток цієї ситуації неухильно підвищує гостроту проблем ефективного використання природних ресурсів, оптимального розподілу між культурами та пошуку енергозберігаючих і вологозберігаючих технологічних прийомів в степовій зоні України [2, 17, 42, 55, 108, 218, 264, 401, 511].

Чисельні наукові публікації, що базуються на аналізі експериментальних даних дослідників різних наукових установ, аграрних навчальних закладів та передового досвіду, свідчать про існування нерозкритих резервів, які можуть бути використані для збільшення виробництва сільськогосподарської продукції [22, 46, 69, 135, 224, 244, 258, 364, 374, 412, 458, 487, 514].

1.1. Системи землеробства, сівозміни і обробіток ґрунту та формування екологічно-безпечних агрокомплексів

Сільське господарство – найдавніша і найбільш складна сфера людської діяльності, яка розвивалася протягом тисячоліть. Процвітання сільського господарства було важливим аспектом еволюції цивілізації. Довгий час були широко розповсюджені примітивні системи землеробства з низькою

врожайністю польових культур. З подальшим розширенням набору сільськогосподарських знарядь для виконання польових робіт, появою ефективних органічних і мінеральних добрив, пестицидів і високопродуктивних культур нового покоління сучасні сільськогосподарські системи набувають все більшого розповсюдження [17, 86, 191, 346, 462].

Системи землеробства це взаємопов'язаний комплекс агротехнологій, нових матеріальних виробничих ресурсів та організаційних заходів з вирощування польових культур, спрямованих на раціональне використання земель сільськогосподарського призначення, підвищення родючості ґрунтів та отримання якісної продукції польових культур. Системи землеробства призначені для поліпшення загальних фізичних і фізико-механічних властивостей ґрунту, покращення теплових і світлових режимів, а також захисту ґрунту від кліматичних і біоценотичних аномалій [31, 162, 229, 234, 450].

Сучасні системи землеробства повинні освоюватися з урахуванням зональних, природних і економічних умов сільськогосподарського виробництва, головним чином детального аналізу ґрунтово-кліматичних умов та ландшафтів території який забезпечує відповідну оптимізацію екологічних режимів таких, як: визначення напрямків безпечного використання ґрунтів в сівозміні (польова, кормова, ґрунтозахисна, інтеграційна, адаптивна, smart-сівозміни); системи енергозберігаючого механічного обробітку ґрунту; системи екологічно безпечного використання органічних і мінеральних добрив; системи інтегрованого захисту сільськогосподарських культур від шкідливих об'єктів (бур'янів, хвороб, шкідників); системи контролювання деградації ґрунту і підвищення його родючості. Звичайно, кожна ланка системи землеробства має своє призначення і місце впровадження залежно від виробничих та екологічних завдань [14, 38, 251, 258, 281, 472].

Система землеробства має багатофункціональне призначення, в якому повинні враховуватися всі організаційні та технологічні кластери такі, як захист ґрунту і посівів сільськогосподарських культур від водної та вітрової ерозії, стримування деградації ґрунтів і забезпечення підвищення їх родючості,

нейтралізації посушливих явищ, охорони навколишнього середовища від забруднення шкідливими хімічними речовинами, повернення у сільськогосподарський обіг техногеннопорушених земель внаслідок промислового виробництва та ведення військових дій, створення сприятливих агробіоценотичних умов для росту і розвитку польових культур та антропогенної діяльності [19, 39, 88, 236, 318, 491].

Однак сучасні моделі систем землеробства, які широко впровадженні в Україні, нездатні повною мірою вирішити продовольчу проблему, тваринництво забезпечити повноцінною кормовою базою, а переробну промисловість конкурентоздатною сировиною. Виходячи з цього, надзвичайно важливим завданням аграрної науки та практики є розробка заходів і способів підвищення продуктивності та сталого розвитку землеробства, адаптованого до ґрунтово-кліматичних умов і флуктуації клімату [29, 70, 120, 252, 338, 447].

В процесі ведення землеробства за будь-якого рівня матеріально-технічного забезпечення неможливо досягти бажаного результату і наслідків діяльності без урахування класичних законів землеробства. Це правило буде працювати завжди, якщо його використовувати в межах природно-економічної доцільності. Такі закони, як: закон автотрофності рослин; закон рівнозначності та незамінності факторів; закон мінімуму (закон обмежувальних факторів); закон мінімуму, оптимуму і максимуму; закон сукупної дії (взаємодії) факторів життя рослин; закон повернення поживних речовин у ґрунт; закон плодозміни; закон підвищення родючості ґрунту; закон спадаючої родючості ґрунту, будуть мати свої позитивні наслідки за правильного їх агротехнічного трактування в межах функціонального призначення. Як свідчить вітчизняна, світова практика землеробства та багаторічний науково-експериментальний досвід пристосування методів ведення рільництва до законів землеробства є надзвичайно коректним способом запобігання прояву негативним явищам, які часто повторювалися в історії з просапною, травопільною системами або системи землеробства І. Овсінського, бездумного використання технології No-till [22, 42, 69, 101, 161, 162, 311, 320, 399, 507].

Флагманські позиції в розробці адаптованих систем землеробства належать провідним науково-дослідним установам в мережі Національної академії аграрних наук України таким, як: Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», Державна установа Інститут зернових культур, Національний науковий центр «Інститут землеробства», Інститут захисту рослин, Інститут олійних культур, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства та іншим [20, 49, 65, 130, 161, 354, 369].

Фундаментальною ланкою становлення та розвитку систем землеробства є послідовне дотримання принципів чергування сільськогосподарських культур, оптимізації структури посівних площ, визначення насичення сівозмін культурами різного рівня агроекологічного та ресурсного навантаження [62, 173, 222, 358, 388, 391, 490].

Багаторічними дослідженнями вітчизняних та зарубіжних вчених встановлено незаперечний факт високої ролі науковообґрунтованого чергування культур в сівозміні (особливо для умов аридного землеробства з дефіцитним вологозабезпеченням) на продуктивність польових культур та ефективність використання засобів виробництва [62, 66, 81, 175, 268, 488, 510].

Агротехнологічне значення сівозміни полягає в тому, що кожна сільськогосподарська культура знаходиться в найкращих умовах для свого росту і розвитку, і в той же час сприяє покращенню ростових процесів наступної в сівозміні за нею культурою [105, 190, 262, 378].

Для підвищення загальної продуктивності сівозміни важливим є раціональний добір польових культур з різним біологічним циклом росту та розвитку, фізіологічними потребами у факторах життєзабезпечення, а також почергове наповнення сівозміни культурами з максимальним та мінімальним рівнем вологоспоживання. Це дасть можливість економніше використовувати ґрунтові запаси вологи і атмосферних опадів, які надходять у період вегетації рослин та накопичуються в ґрунті у формі доступних запасів протягом міжфазних періодів розвитку культури [133, 291, 314, 444, 486].

Сівозміна має велике значення в контролюванні забур'яненості ґрунту і посівів. Тому важливо завжди орієнтуватися в доборі способів контролювання бур'янів на особливості біоконкурентних відносин в агроценозі та спиратися завжди на коефіцієнти депресії ростових процесів залежно від ступеня та видового складу бур'янового компоненту. Особливий технологічний підхід необхідно сформулювати щодо системи агротехнічних, хімічних та біологічних засобів контролювання паразитної біогрупи бур'янів, яка найбільш є спеціалізованою для окремих польових культур. Науково-обґрунтована схема сівозміни з правильним чергуванням в ній сільськогосподарських культур сприяє очищенню від банку насіння бур'янів в ґрунті [32, 103, 125, 302, 385, 390, 471, 483].

За допомогою науковообґрунтованої сівозміни можна ефективно змінювати агробіологічне середовище на яке чутливо реагують шкочинні організми. Сівозміна є найбільш впливовим засобом контролювання шкідників, які пристосувались до окремих видів культурних рослин. Чергування рослин у сівозміні заважає масовому пошкодженні окремих польових культур специфічними грибними, бактеріальними хворобами і вірусами, а також комахами і нематодами [105, 181, 307, 350].

Ще одна важлива регуляторна функція сівозміни пов'язана з управлінням поживного режиму ґрунту, який постійно знаходиться в мінливій динаміці, як залежно від фаз органогенезу, так і від обсягів виносу азоту, фосфору, калію в цілому загальним урожаєм. Фактор забезпечення бездефіцитного балансу поживних речовин в ґрунті є принципово важливим для степової зони України, де довгий час спостерігається недостатній рівень компенсації зольних елементів використаних урожаєм відповідно до нормативів внесення мінеральних добрив і розподілу їх в сівозміні. Особливу роль попередника набуває значної актуальності в зв'язку з тим що фінансова діяльність господарств не дозволяє вийти на рівень оптимального внесення обсягів мінеральних добрив, а також диспаритет цін на засоби виробництва та вартість сільськогосподарської

продукції, який стабільно встановився в останні десятиріччя в землеробстві [45, 117, 193, 329, 457].

В історичному розрізі було встановлено, що протягом останніх 100 років спостерігається суттєва трансформація генеральних напрямків і принципів ведення зонального степового землеробства. З початку 90-х років розпочалося фактично нерегульоване скорочення посівних площ багаторічних і однорічних кормових культур і недопустиме з екологічної точки зору розширення посівів соняшника. За останні 20 років посівні площі соняшника збільшилися з 11–14 % до 35–39 % (в деяких господарствах сягають 50 % і більше), а кормові культури відповідно скоротилися з 30–36 % до 3–5 % в структурі землекористування. Екологічне навантаження досягає також свого максимуму внаслідок не виправданої відмови від парів і надмірного насичення сівозмін культурами з максимальним використанням ресурсів (кукурудза, ріпак та ін.). Стало очевидним, що збереження і продовження такого спонтанного курсу найближчим часом може обернутися накопиченням негативних проблем екологічного характеру, різким зниженням родючості ґрунту і глобальним недобором об'ємів виробництва продукції землеробства [53, 177, 301, 373, 411].

При всій трансформації землеробства, зміні векторів структурного характеру все таки центральним питанням для степової зони залишається вирощування зерна пшениці озимої, кукурудзи та насіння соняшнику і ріпаку. Ситуація, що склалася з одного боку спрямована для досягнення максимального результату, а з іншого збереження такого вектору руху викликає радикальне погіршення добору сприятливих попередників, передусім, під пшеницю озиму та ріпак озимий [63, 152, 368, 382, 401].

Озимі зернові культури традиційно складають значну частину зернового клину степової зони. Серед зернових культур найбільші площі посіву займає пшениця озима, яка дуже вибаглива до попередників в сівозміні. Вирощування її після сприятливих попередників дозволяє отримати урожай зерна на 25–50 % вищим (залежно від внесених добрив та погодних умов року), ніж після несприятливих. Тому переважну частину її посівів бажано розміщувати після

кращих попередників: не менше 50–60 % по чорному, зайнятому або сидеральному пару, а 25–30 % розміщувати після непарових попередників, серед яких найбільш ефективними є горох і соя [65, 173, 207, 280, 394, 414].

В останні роки як попередник для озимини використовують озимий і ярий ріпак, гірчицю. Враховуючи той факт, що ці попередники дуже виснажують ґрунт на поживні речовини, слід передбачати достатнє внесення мінеральних добрив як в осінній період, так і навесні. Гірші попередники – стерньові та соняшник, але, на жаль, в господарствах часто доводиться розміщувати посіви пшениці і після них, що є дуже небажаним явищем. Пшениця озима також важко переносить беззмінні та повторні посіви. Загалом використання непарових та стерньових попередників є доцільним тільки за умови внесення підвищених доз добрив, рівень урожаїв пшениці озимої після таких попередників значною мірою залежить від умов зволоження [11, 115, 169, 181, 220, 266, 329].

В дослідях Солодушка М. І. [331] при вивченні впливу непарових попередників та застосування рідких органо-мінеральних добрив на врожайність пшениці озимої в степовій зоні України (2018–2020 рр.) було встановлено, що при використанні соняшнику як попередника найвищі показники врожайності (4,06 т/га проти 3,73 т/га в контролі без удобрення) одержано у варіантах з унесенням рідких органо-мінеральних добрив. За вирощування пшениці озимої після гороху рівень урожайності був вищим ніж після соняшника і варіював порівняно з контролем від 5,08 до 5,38 т/га.

При дослідженні особливості росту і розвитку рослин пшениці озимої залежно від сорту, строку сівби та попередника в північному степу України в польовому експерименті Астахової А. В. [11] було з'ясовано, що найбільшу висоту, кількість пагонів, вузлових коренів, листків та надземну вегетативну масу рослини всіх сортів пшениці озимої мали за сівби по чорному пару ніж за сівби після ячменю ярого, як в осінній період так і в весняний.

Шило С. Л., Центило Л. В., Бабенко А. І. [419] встановили істотний вплив попередників на формування запасів доступної вологи в ґрунті як на час сівби пшениці озимої, так і впродовж вегетації культури. Дослідники доводять, що за

здатністю забезпечувати пшеницю озиму доступною вологою (у 0–10 см шарі) на період сівби попередники розміщувались у наступному порядку: горох (11,5 мм) → ріпак озимий (10,9) → соняшник (9,9) → соя (8,6) → кукурудза на силос (8,5 мм). Аналогічна ситуація спостерігалась і після відновлення вегетації культури навесні. Найвищу врожайність забезпечило розміщення пшениці озимої після гороху — в середньому 5,68 т/га. За використання як попередників ріпаку озимого та сої показники зменшувались на 0,25 і 0,31, соняшнику та кукурудзи на силос — на 0,48 і 0,67 т/га відповідно.

В дослідях з вивчення впливу попередників на водоспоживання та продуктивність пшениці озимої в зоні Лівобережного Лісостепу України дослідниками Гангуром В. В. та Котляр Я. О. [57] було встановлено, що найгірші умови для нагромадження вологи у ґрунті формувались за сівби пшениці озимої після пшениці озимої. Виявлено, що кращим попередником пшениці озимої є горох на зерно, де в разі внесення під культуру $N_{50}P_{50}K_{50}$ урожайність зерна становила 4,52 т/га. Розміщення пшениці озимої по чорному пару було ефективним лише в посушливі роки. Визначено, що небажаним є розміщення в сівозміні пшениці озимої по пшениці озимій, яке призводить до зниження врожайності порівняно з кращими попередниками на 28,0–34,5 %.

В своїх дослідженнях Кудря Н. А., Кудря С. І., Дегтярьова З. О. [180] при порівняльному аналізі урожайності пшениці озимої при вирощуванні її після соняшнику, кукурудзи, чистого пару та зернобобових культур у короткоротаційних сівозмінах показали, що на врожайність пшениці озимої впливали як попередники, так і погодні умови року. У середньому за три роки (2017–2019 рр.) найбільшу врожайність пшениці озимої 4,86 т/га одержано після чистого пару, на другому місці зернобобові – 3,94–3,72 т/га, на третьому – соняшник (3,18 т/га) і кукурудза (2,52 т/га). Проте, попередники кукурудза та соняшник, незважаючи на меншу врожайність, мають низку позитивних сторін розміщення по них пшениці озимої. Насамперед, це велика кількість післяжнивних решток, при розкладі яких у ґрунт повертаються поживні речовини, міжрядні культивації зменшують кількість бур'янів для наступних

культур, а розпушування ґрунту під час культивуації створює умови для інтенсифікації мікробіологічних процесів завдяки покращанню аерації. Виходячи із цього, спостерігається тенденція та попит на збільшення площ посіву пшениці озимої після кукурудзи та соняшнику.

Ярий ячмінь доцільно розміщувати після пшениці озимої, кукурудзи на зерно. Соняшник вважається небажаним попередником для ячменю ярого. Незадовільними попередниками є ярі колосові культури, а в південних посушливих районах також друга пшениця озима по пару. Ячмінь дуже добре відзивається на післядію добрив, внесених під попередник [29, 146, 280, 391].

Враховуючи високу урожайність кукурудзи, її конкурентну здатність на ринку зерна та можливість закупівлі якісного посівного матеріалу, в Україні в останні роки значно розширюються площі посівів цієї культури. Склад попередників для формування урожаю кукурудзи не має такого важливого значення, як для пшениці. Частка кукурудзи у всіх районах Степу може зростати до 40–50 %, а в спеціалізованих сівозмінах навіть більше – до 80 %. Кращими попередниками для неї в сівозмінах є пшениця озима, зернобобові, баштанні культури, задовільними – ранні ярі зернові, кукурудза, а за наявності достатніх запасів вологи у весняний період може бути соняшник. Кукурудза на зерно позитивно реагує на повторні посіви протягом 3–4 років. У районах крайнього півдня Степу найпродуктивніше розміщення кукурудзи після кукурудзи. У південній та південно-східній частинах зони замість кукурудзи краще вирощувати сорго або сориз. Вимоги до попередників у цих культур практично такі самі, як і у кукурудзи [34, 44, 103, 195, 279, 304, 392, 414, 444, 501].

Пустовий С. І., Якунін О. П., Дудка М. І. [304] наводять результати досліджень щодо росту, розвитку і формування урожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від попередника і фону живлення. Встановлено, що біометричні показники кукурудзи були кращими після попередника кукурудзи, ніж після соняшника. Також урожайність зерна кукурудзи після попередника кукурудзи становила 5,22 т/га, після соняшнику –

4,51 т/га. На контролі (без добрив) цей показник дорівнював 4,23 т/га, за внесення мінеральних добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{45}K_{45}$ – 4,97 і 5,38 т/га, відповідно.

Регулювання концентрації в сівозмінах і структурі посівних площ зернових і кормових культур допускає значний їх діапазон (45–80 – зернові і 10–40 – кормові), який залежить від спеціалізації господарств і дозволяє впроваджувати сівозміни з відповідним набором культур [48, 170, 210, 213, 319].

Оптимальним співвідношення між озимими і ярими культурами в структурі посівів зернових традиційно вважається 1 : 1. Але набір і співвідношення зернових культур в сівозмінах може варіювати залежно від спеціалізації господарства [42, 69, 402, 405, 475].

Під вирощування технічних культур в Степу відводиться від 10 до 35 % посівів, переважно це посіви соняшнику і ріпаку. Найкращими попередниками соняшнику є зернобобові та пшениця озима, що вирощується по чистому пару, зернобобовим культурам. Дещо менші показники урожайності забезпечує соняшник після кукурудзи на зерно. Цукрові буряки, суданська трава, соняшник є недопустимими для соняшнику попередниками. Надмірна його частка в структурі посівних площ призводить до значного висушування ґрунту, що негативно позначається на урожайності наступних за ним 2–3 культур [8, 83, 297, 353].

Як було зазначено, що в останні роки спостерігається невиправдане розширення посівів соняшника (до 35–50 %). Слід враховувати, що оптимальні нормативи повернення соняшника на попереднє місце в сівозміні за сприятливих гідротермічних умов для розвитку залишаються на рівні 5–6 років, а його частка в структурі посівів має складати 12–15 % в північному Степу і 15–17 % – в південному. Але за умов вивільнення площі ріллі внаслідок необхідності пересіву озимих культур, несприятливого прогнозу на одержання урожаю ярих ранніх культур або запізнення зі строками їх сівби, при наявності в сівозміні чистого пару, а також при можливості забезпечити повний цикл агротехнологічних вимог щодо добору гібридів, використання добрив і засобів захисту рослин посіви соняшника можуть бути розширені до 20–25 %. Площі

чорних парів доцільно збільшувати при високій концентрації пізніх просапних культур з високим рівнем використання вологоресурсів [29, 280, 353, 424].

На підставі багаторічних досліджень доведено, що соняшник відноситься до культур з найбільшим періодом повернення на попереднє місце в сівозміні 6–7 років за фітосанітарними ознаками і через 3–4 роки за терміном відновлення запасів доступної вологи в ґрунті. Потрібно відмітити, що при нинішньому розподілі факторів життєзабезпечення культур в сівозміні, з одного боку, і факторів обмеження використання агроценотичних ресурсів, з іншого боку, більш актуального значення набуває водний режим [29, 56, 163, 353].

Проте утримання рівня концентрації соняшника в структурі посівних площ є фактично нереальним без законодавчої відповідальності, оскільки економічні переваги цієї культури залишаються незаперечними і неперевершеними порівняно із зерною групою [56, 353].

Зміна концентрації соняшника в сівозмінах приводить до суттєвого корегування економічних показників виробництва всіх культур, які знаходяться в зоні післядії. В діапазоні насичення сівозміни соняшником від 10 до 50 % рентабельність його виробництва знижувалась з 162 до 56 %, а рентабельність зернової групи при цьому знаходилася на нижчому рівні і знижувалась з 64 до 18 %. Наведені показники свідчать про те, що економічне домінування соняшника є лише одностороннім трактуванням ситуації, яке викривляє уявлення про загальний позитивний результат і стає на заваді вирішення ряду стратегічних питань екологічного і продовольчого характеру [251].

У степових районах у структурі посівів не менше 5–10 % (а у південних районах до 20%) слід відводити під чорний пар, як єдиний попередник, що гарантує отримання високого урожаю пшениці озимої незалежно від погодних умов під час вегетації. Площі чорних парів доцільно збільшувати, особливо в південній частині Степу, при високій концентрації (більше 30 %) озимих культур або при наявності значної частини пізніх просапних культур з високим рівнем використання вологоресурсів. Ефективність чорного пару підвищується з півночі на південь. У південній частині Степу в разі, якщо в ґрунті під час

проведення сівби ярих культур міститься недостатня кількість доступної вологи, можливо розширення площі парів до 20–25 % з метою накопичення вологи і якісної підготовки ґрунту під майбутній урожай озимих культур [285, 287].

Науково-дослідними установам НААН, розташованими в зоні Степу, розроблена відповідна структура посівів для господарств Степу різної спеціалізації. Ефективність рекомендованої структури посівів досягається за рахунок оптимального насичення сівозмін окремими культурами згідно спеціалізації господарства, за умови, що це не веде до порушення екологічного балансу у агроценозі і забезпечує відтворення родючості ґрунтів при застосуванні відповідних систем удобрення, обробітку ґрунту та захисту рослин [251].

Слід враховувати, що у великих спеціалізованих господарствах доцільно впроваджувати багатопільні сівозміни. Для фермерських господарств, де кількість оброблюваної землі обмежена, краще застосовувати зерно-паро-просапні або зерно-просапні сівозміни з невеликим набором культур і коротким строком ротації, зі збільшенням частки зернових до 70–80 і навіть до 100 % [251].

Згідно Державної програми «Зерно України» при дотриманні рекомендованої структури посівів та застосуванні новітніх технологій вирощування сільськогосподарських культур виробництво зерна за середньої урожайності 4,8–5,4 т/га у 2025 році може досягнути близько 90–100 млн т. Це може стати реальністю за умови застосування сучасних систем землеробства, які базуються, перш за все, на раціональних сівозмінах [227, 251, 348].

При формуванні оптимальної структури посівних площ і раціональних сівозмін необхідно відштовхуватися від фундаментальних позицій, які забезпечують збалансоване використання біологічних і природних ресурсів, створюють умови для відновлення родючості ґрунтів [227, 348, 463].

Шлях до насичення сівозмін культурами з високим рівнем використання поживних елементів, вологи та небезпекою зростання фітосанітарних ризиків – це або зниження продуктивності ріллі, або додаткові виробничі витрати на компенсацію негативних наслідків порушення сівозмін [251, 227, 308, 384, 348].

Фактором суттєвого впливу на урожайність сільськогосподарських культур і продуктивність чорноземів стало потепління клімату, яке вимагає корегування технологій вирощування і нових напрямків селекційної роботи [227, 463].

Проблема оптимізації структури посівних площ і формування високопродуктивних сівозмін завжди впирається в надзвичайно аргументовану агрономічну складову, яка неухильно викликає деформації в агросистемах, несумісні з встановленими нормами у сфері регулювання родючості ґрунтів. Світовий ринок постійно працює з дефіцитом на рослинну олію, тому попит на соняшник не тільки зростає, але і дозволяє підтримувати ціну на насіння цієї культури на високому рівні [227, 308, 384].

Найважливішим заходом з підвищення родючості ґрунту і врожайності сільськогосподарських культур, покращення продуктивності ріллі та адаптації землеробства до сучасних вимог значне місце займає впровадження раціонального обробітку ґрунту в сівозмінах степової зони України. Спосіб обробітку ґрунту впливає на водний, поживний та температурний режими ґрунту і в кінцевому результаті на ріст, розвиток та продуктивність сільськогосподарських культур [72, 121, 139, 186, 206, 211, 426, 468, 492].

На основі узагальнення наукових досліджень і передового досвіду встановлено, що для створення оптимальних ґрунтових умов для росту і розвитку сільськогосподарських культур в існуючих сівозмінах різних ґрунтово-кліматичних умов необхідно застосовувати диференційовану систему обробітку залежно від загально фізичних, фізико-хімічних, водних, повітряних, теплових властивостей ґрунту, його окультурення, попередників, забур'яненості поля, тощо. При цьому треба правильно поєднувати глибокий, звичайний і поверхневий обробітки з використанням полицевих, чизельних, плоскорізних, дискових та інших ґрунтообробних знарядь. Застосування будь-якого способу повинно забезпечити необхідні умови для високоякісного загортання насіння та оптимальної глибини і дружнього його проростання [139, 142, 240, 470, 493, 509].

Закономірним наслідком тривалої експлуатації чорноземів ХХ сторіччя на основі інтенсивних методів його ведення з'явилося дуже актуальна проблема необхідності подолання такого викривлення ситуації і освоєння ґрунтозахисних та енергозберігаючих прийомів обробітку ґрунту, формування оптимальної структури посівних площ та забезпечення стійкого характеру тенденції щодо підвищення родючості ґрунтів. В результаті виникла необхідність відмови від активної експлуатації ґрунтів і зосередження на новому технічному парку сільськогосподарських знарядь обробітку до якого справедливо віднести: чизельне глибоке розпушування, нульовий, смуговий, мілкий дисковий, плоскорізний, комбінований обробітки та ін. [142, 277, 321, 485, 506, 509].

За значного асортименту ґрунтообробних знарядь і прийомів основного обробітку ґрунту, одним з найважливіших питань постає необхідність їх класифікації залежно від характеру і ступеня впливу дії робочих органів сільськогосподарських знарядь і машин на зміну будови орного шару, його генетичного складу і загальнофізичних властивостей у вертикальному профілі [72, 240, 247, 250, 292, 470, 499, 500, 503].

Недивлячись на радикальну модернізацію механізмів і знарядь обробітку ґрунту, формування навколо окремих агрегатів повноцінної системи обробітку ґрунту в сівозміні до цього часу не існує ясної картини щодо класифікації і характеристик знарядь та стану ґрунту до якого приводять окремі прийоми. Проте незмінним і важливим в сучасному землеробстві залишаються терміни і поняття фундаментальних способів, якими є: полицевий та безполицевий з різноглибинною модифікацією – дуже глибокий більше ніж 32 см, глибокий в межах 25–32 см, середній в межах 16–24 см, мілкий в межах 8–16 см і поверхневий в межа 6–8 см. Потрібно відмітити, що модифікаційна лінійка ґрунтообробних знарядь залежить від зональності територіальної локації землекористування, рівня небезпеки від водної та вітрової ерозії, показників родючості ґрунту, повноти адаптованості сортів і гібридів польових культур, ступеня фактичної забур'яненості та банку насіння бур'янів в ґрунті та ін. [120].

Вимогам сучасного землеробства Степу найбільш повно відповідає система диференційованого за прийомами різного глибинного обробітку ґрунту в сівозміні. Вона має бути адаптованою до зональних умов, динамічною, енергоощадною, природоохоронною, враховувати фітосанітарний стан полів і потенціал культури, забезпечувати підвищення родючості ґрунту і продуктивності ріллі [121, 139, 142, 143, 211, 468, 493, 509].

За період активного використання в землеробстві енергетично потужної техніки господарське та екологічне значення способів основного обробітку ґрунту неодноразово змінювало свої орієнтири. В пошуку шляхів подолання негативних явищ, що супроводжують інтенсивний обробіток ґрунту, землеробство пішло на впровадження природоохоронних систем, які базуються на багатоваріантних моделях мінімальних прийомів обробітку. Вершиною мінімізації обробітку ґрунту і технологій вирощування сільськогосподарських культур є технологія No-till, головним принципом якої залишається безпосередня сівба насіння в необроблений попередньо ґрунт [32, 135, 143, 174, 240, 503].

Без застереження прихильники мінімалізації обробітку ґрунту і технології No-till основним аргументом вважають тезу – «природа не оре». З іншого боку, є не менш вагомий аргумент – «природа не косить і не збирає урожай». На перший погляд, здавалося б, що мінімізація – це спрощення порівняно з оранкою. Не можемо погодитися з цією тезою. No-till – це більш складна модель з глибоким наукомістким корінням. Нова культура системи обробітку ґрунту – це необмежений асортимент знарядь з точки зору переміщення ґрунтової маси і в той же час непростий вибір – залежно від задач, які виникають перед виробництвом [72, 121, 211, 212, 240, 299, 506, 509].

Очевидно, що будь-яка тривала технологічна монокультура з часом накопичує суму недоліків, позбутися яких можливо завдяки радикальним змінам у процесі використання різних ґрунтів. У цьому випадку доцільно лише адаптувати нульовий обробіток ґрунту як окремий елемент вже створеної і перевіреної системи землеробства [143, 174, 186, 206, 277, 373, 470, 492, 500].

Науковці наголошують, мова йдеться не про абсолютизм або відхилення прямої сівби в необроблений ґрунт, а про диференційовану систему основного обробітку ґрунту, в структурі якої оранка займає 20 %, чизельний обробіток 20 %, дисковий 25 %, плоскорізний 15 %, безполицевий 8 %, No-till 12 % [401].

Науковцями Інституту олійних культур НААН [256] в досліді з вивчення впливу різних способів основного обробітку ґрунту та удобрення на врожайність насіння різних гібридів соняшнику на чорноземі звичайному малогумусному було встановлено, що найвищий рівень урожайності забезпечував варіант з унесенням $N_{40}P_{60}$ та класичним обробітком ґрунту (дискування в два сліди, оранка на глибину 22–25 см) становив у середньому за 2019–2020 рр. – 2,11–2,31 т/га в залежності від гібриду. За мінімальної системи обробітку ґрунту (дискування в два сліди, культивування на 10–12 см) показники врожайності знижувались на 0,13–0,25 т/га; приріст від застосування мінеральних добрив становив 0,12–0,33 т/га. Загалом уміст олії в насінні гібридів соняшнику був вищим за класичної системи обробітку ґрунту — 44,6–48,0 %; за мінімального обробітку ґрунту показники знижувались до 43,4–46,8 % [256].

Дудкою О. А., Павловим О. С. [104] в Правобережному Лісостепу України визначено вплив трьох систем землеробства (промислової, екологічної, біологічної) та 4 систем основного обробітку ґрунту (оранки на глибину 20–22 см, чизелювання на 20–22 см, дискування на 10–12 і 6–8 см) на врожайність, економічну та енергетичну ефективність вирощування пшениці ярої, де чергування сільськогосподарських культур у короткоротаційній зерно-просапній сівозміні було: соя – пшениця озима – соняшник – пшениця яра – кукурудза на зерно. Найбільш оптимальним виявилось поєднання екологічної системи землеробства з чизельним основним обробітком ґрунту, що забезпечило отримання найвищої в досліді врожайності культури (5,6 т/га) з рентабельністю вирощування 93,7 % та енергетичною ефективністю 5,5 од.

Дослідженнями проведеними в умовах Хмельницької ДСДС упродовж 2018–2021 рр. при чергуванні культур у сівозміні – соя, ячмінь ярий, гірчиця біла, пшениця озима. Система основного обробітку ґрунту включала оранку на

глибину 20–22 см, плоскорізний (на 25–27 см), чизельний (на 25–27 см) та дисковий (на 10–12 см) обробітки; їх проводили на фоні внесення мінеральних нормою $N_{60}P_{60}K_{60}$ та органо-мінеральних (солома сої + $N_{10}/\text{т}$ соломи + $N_{30}P_{30}K_{30}$) добрив. Було встановлено, що найвищу врожайність та економічну ефективність вирощування культури сівозміни забезпечували за проведення на фоні органо-мінерального удобрення (солома попередника + $N_{10}/\text{т}$ соломи + припосівне внесення мінеральних добрив дозою $N_{30}P_{30}K_{30}$): гірчиця біла – чизельного обробітку ґрунту на глибину 25–27 см, пшениця озима – плоскорізного обробітку на 22–25 см, соя – чизельного обробітку на 25–27 см, ячмінь ярий – полицевого обробітку ґрунту на глибину 20–22 см. Отримані максимальні показники врожайності в цих варіантах становили 1,05, 5,75, 2,43 і 5,12 т/га, відповідно. Зафіксовано перевищення відповідних контрольних варіантів з полицевим обробітком ґрунту та аналогічних систем лише з мінеральними добривами [146–148].

В дослідках з вивчення фітосанітарного стану посівів пшениці ярої за різноглибинної оранки і плоскорізного розпушування в умовах стаціонарного досліду Уманського національного університету садівництва було доведено, що за заміни оранки плоскорізним розпушуванням стан посіву пшениці ярої погіршувався; кількість бур'янів у фазі сходів, молочної та повної стиглості зерна перевищувала фон різноглибинної оранки. Істотно рівень забур'яненості посівів зростав за зменшення глибини обробітку ґрунту до 15–17 см [153].

Лень О. І., Тоцький В. М., Гангур В. В., Єремко Л. С. [195] в своїх польових дослідженнях з вивчення впливу системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи доводять, що в середньому за роки досліджень найбільшу урожайність гібридів ДН Патріот, ДН Фієста було одержано за умови внесення мінеральних добрив дозою $N_{45}P_{40}K_{60}$ і позакореневого підживлення карбамідом (15 кг/га) та мікродобривом Новалон Фоліар (1,0 кг/га) у фазі 5–6 листків на фоні полицевого обробітку ґрунту. У разі застосування поверхневого і плоскорізного обробітків ґрунту спостерігали зменшення урожайності гібрида ДН Патріот на 0,05–0,23 т/га, а гібрида ДН

Фієста — на 0,17–0,58 т/га порівняно з оранкою. Середньостиглий гібрид ДН Джулія найпродуктивнішим був за аналогічного варіанта удобрення, але на фоні поверхневого обробітку ґрунту. Порівняно з варіантом без добрив урожайність збільшилась на 1,07 т/га або 16,6 %. У разі проведення плоскорізного обробітку і оранки спостерігається зменшення урожайності зерна відповідно на 0,37 і 0,50 т/га або 4,9 і 6,6 % порівняно з поверхневим обробітком ґрунту.

Трирічні польові дослідження Полякова О. І., Нікітенка О. В., Літошка С. В. [297] з вивчення впливу систем основного обробітку ґрунту та внесення мінеральних добрив на забур'яненість посівів та рівень врожайності соняшнику гібрида показали, що в кінці вегетації нараховувалось: 7,2–7,6 шт./м² за класичного обробітку ґрунту, 9,1–9,3 шт./м² за безполіцевої і 15,0–16,1 шт./м² — за мінімальної. За класичної системи обробітку ґрунту повітряно-суха маса бур'янів становила 22,1–33,1 г/м². За безполіцевого прийому обробітку ґрунту повітряно-суха маса бур'янів зросла на 11,5–13,5 г/м² по відношенню до класичної, а за мінімальної — на 16,1–18,3 г/м². Застосування мінеральних добрив підвищило масу бур'янів відповідно на 5,7–11,0 г/м²; 4,3–10,7 і 4,9–12,4 г/м². Найбільш конкурентоспроможними в боротьбі з бур'янами виявились рослини соняшнику в посівах за класичною системою обробітку ґрунту, де сформували врожайність 3,26 т/га за внесення добрив у дозі N₆₀P₆₀K₆₀ під передпосівну культивуацію. За безполіцевого обробітку ґрунту врожайність становила 2,95 т/га, за мінімальної – 2,81 т/га, що нижче класичної відповідно на 0,31 і 0,45 т/га.

При вивченні мікробіологічної активності ґрунту за різних способів обробітку дослідниками було встановлено, що у варіантах плоскорізного – на 14–16 см та мілкого обробітків ґрунту рівень мікробіологічної активності зі збільшенням глибини шару від 0–10 до 20–30 см знижувався на 9,2 і 7,9 % відповідно. У всі роки досліджень найвищий рівень целюлозоруйнівної активності спостерігався за оранки. За плоскорізного обробітку ступінь розкладання лляної тканини був найнижчим і становив від 17,6 до 18,3 % [58].

В польових дослідях Єщенко В. О., Коваль Г. В., Калієвський М. В. [109] наводять причини зниження урожайності польових культур на фоні плоскорізного основного обробітку ґрунту. Науковці вважають, що причина зниження продуктивності посівів вирощуваних культур, полягала у заміні в системі основного обробітку оранки на плоскорізне розпушування відповідної глибини (20–22 см). Для порівняння умов вирощування з даними інших дослідників, було проаналізовано агрофізичні показники родючості чорнозему опідзоленого, зволоженості метрового шару та забур'яненості посівів. При цьому було встановлено, що перевага плоскорізного розпушування над оранкою за запасами доступної вологи в метровому шарі ґрунту на середину і кінець вегетації ярих культур збільшувалась відповідно до 6,1 і 6,4 %, однак середня продуктивність посівів у сівоzmіні була значно нижчою (на 9,0 %) саме за плоскорізного основного зяблевого обробітку. Вважається, що це могло бути спричинено вищою забур'яненістю (майже на третину – 27–31 %) посівів 5-пільної сівоzmіни на фоні плоскорізного основного обробітку ґрунту.

В останні десятиріччя найбільш значним досягненням світового землеробства є розробка і освоєння нових технологій і систем обробітку ґрунту, відомих під загальною назвою «мінімальна». Завдяки впровадженню цього обробітку, і особливо такого його різновиду як мульчувальний, в США і Канаді сьогодні зведені до допустимих норм водна і вітрова ерозія ґрунтів, хоча зовсім недавно вони господарювали тут на більшій частині орних земель [277].

Важливі наукові результати були отриманні в питанні вивчення збереження родючості чорноземів звичайних в умовах аридизації клімату. Наведено результати дослідження впливу трьох систем обробітку чорнозему звичайного середньогумусного важкосуглинкового на окремі показники його родючості в умовах Північного Степу України. Формування дефляційно стійкої поверхні забезпечували нульовий (No-till) та мінімальний (на 4–5 см) прийоми обробітку ґрунту. Зниження інтенсивності обробітку чорнозему звичайного забезпечило збереження органічної речовини. В середньому в шарі 0–30 см уміст гумусу становив 4,58 і 4,57 % відповідно, за оранки – 4,52 %. Мінімізація

обробітку ґрунту сприяла і кращому збереженню доступної вологи протягом весняно-літнього періоду: 44–112 мм у метровій товщі за прямої сівби та 40–105 мм – за мінімального обробітку. За традиційної оранки (на 23–25 см) показники були на рівні 35–98 мм [72, 121, 139, 143, 299, 474, 485, 500].

Захарченко Е. А. та Міщенко Ю. Г. [518] наводять результати дослідження фізичних властивостей чорнозему типового у короткоротаційній польовій сівозміні північного сходу Лісостепу України. Дані за десять років досліджень з усіх культур показують перевагу обробітку ґрунту плоскорізним культиватором порівняно з оранкою на 28–30 см для загортання зеленого добрива. Спостерігалася сильна тенденція збільшення агрегації (на 4,3 %), водостійкості (на 1,1 %), щільності складення (на 1,7 %), твердості (на 5,7 %), загальної пористості (на 0,5 %)), капілярної пористості (на 0,9 %) та аерації (на 0,2 %) в кореневмісному шарі чорнозему 0–30 см, порівняно з оранкою. Поверхневий обробіток дисковим агрегатом призводив до поліпшення цих параметрів тільки у верхньому шарі 0–10 см, нижніх шарах погіршуються агрофізичні параметри родючості. Спостерігалася певна тенденція до зниження параметрів всього шару 0–30 см при використанні дисків на 13–15 см (порівняно з оранкою). Таким чином, проведені дослідження показали доцільність обробітку ґрунту плоскорізним культиватором для заробки зеленого добрива в чорноземний ґрунт для оптимізації структурності ґрунту, водостійкості та його твердості.

При вивченні дослідниками впливу обробітку ґрунту на щільність складення в умовах Північного Степу України автори Тютюнник Н. В., Погромська Я. А., Качанова О. В., Ротач Ю. В. [363] зауважують, що найефективнішим способом покращання фізичного стану ґрунтів є зменшення на нього дії сільськогосподарської техніки як важливої умови створення сприятливого фону структури ґрунту. В польових дослідах встановлено залежність рівня щільності складення ґрунту від способу його обробітку та біологічних особливостей вирощуваних у сівозміні культур. В умовах Північного Степу України оптимальні показники об'ємної маси ґрунту формуються за мінімального обробітку. Середній за вегетацію показник

щільності складення 0–30 см шару чорнозему звичайного при вирощуванні кукурудзи на зерно за традиційного обробітку становив 1,29, нульового – 1,22 і мінімального – 1,14 г/см³, гірчиці – 1,36, 1,26 і 1,23, пшениці озимої – 1,41, 1,28 і 1,26 г/см³, відповідно.

В проведених польових дослідках Центилю Л. В., Цюк О. А. [383] при вивченні динаміки змін твердості ґрунту залежно від його основного обробітку встановили, що при застосуванні полицевого обробітку діапазон показників твердості ґрунту в 0–25 см шарі практично не змінювався. У фазі цвітіння люцерни і пшениці озимої та 8–10 листків у кукурудзи на зерно становив 13,8–20,7 кг/см², напередодні збирання культур – 17,6–22,2 кг/см². За систематичного застосування мілкого безполицевого обробітку зі щільнюванням твердість нижньої частини орного шару порівняно з оранкою істотно підвищувалась: перед збиранням люцерни в шарі 15–20 см на 1,5, 20–25 см – на 1,8 кг/см², кукурудзи на зерно – на 4,1 та 4,0 кг/см² відповідно. Відмінності за твердістю найбільш виражені восени, відразу після проведення основного обробітку ґрунту. У весняно-літній період вони згладжуються і, як правило, не досягають критичних для вирощування культури значень.

Результати досліджень Міщенко Ю. та ін. [456] перспективного напрямку вирішення проблеми зростання твердості чорнозему, який полягав у збагаченні ґрунту свіжою органікою післяжнивної зеленої маси. За роки досліджень встановлено, що вирощування післяжнивних сидератів сприяло значному зниженню твердості 0–30 см шару ґрунту. Серед досліджуваних сидератів найменша твердість 0–30 см шару ґрунту була під посівами *Raphanus sativum* за всі роки досліджень – 10,9–16,8 кг/см². В проведених дослідженнях встановлено, що зменшення запасів доступної вологи найменше вплинуло на зростання твердості ґрунту – 22 %. При цьому на фоні інших сидератів і гною ця частка впливу зросла до 27–41 %, а на контролі без внесення органічних добрив – до 54 %.

Піковська О. В. [283] при вивченні впливу мінімізації обробітку ґрунту на вміст елементів живлення у чорноземі звичайному встановила, що найвищий

ступінь диференціації відмічено за нітратним азотом: збільшення вмісту нітратів у шарі 0–10 см відносно шару 10–20 см становило 28,3 % за мінімального та 42,3 % – нульового обробітку; щодо шару 20–30 см – відповідно 46,5 і 92,2 %. У середньому в шарі 0–30 см вміст нітратного азоту за мінімального обробітку порівняно з оранкою зменшився на 6,0, за нульового – на 14,5 %. Аналогічні зміни відмічено щодо перерозподілу амонійного азоту. Мінімізація обробітку сприяла збільшенню порівняно з оранкою вмісту рухомих форм фосфору в шарі 0–30 см на 9,8 % та обмінного калію – на 4,2 %.

Необхідно також привести зарубіжний досвід до ґрунтово-кліматичного знаменника степової зони та науково обґрунтувати власну модель обробітку ґрунту, без якої неможливо вийти на збалансовану систему в цьому питанні. Еволюція ґрунтозахисних прийомів обробітку за останні 30 років пройшла від плоскорізних розпушувачів для мілкого і глибокого обробітку, консервуючого чизельного, «нульового» до роторно-комбінованих агрегатів [277, 292, 426].

Суттєве технічне різноманіття знарядь обробітку ґрунту за своїми принципами інтенсивності переміщення ґрунтової маси, довгостроковими наслідками впливу на стан родючості та протиерозійну стійкість викликало проблему побудови диференційованої системи основного обробітку ґрунту в межах окремих ґрунтово-кліматичних зон [72, 121, 240, 299, 468, 492].

На підставі досліджень, підтверджених практикою, встановлено незаперечне правило – абсолютизм і одноманітність у виборі знарядь обробітку призводить до явищ, які обертаються зростанням небезпеки ерозії, погіршення умов для розвитку сільськогосподарських культур, виникненням фітосанітарних агресій. Тому кожна сівоzmіна повинна мати свою послідовність прийомів обробітку ґрунту [155, 156, 185].

Принципово не вирішено питання щодо забезпечення позитивного балансу показників родючості ґрунту, реакції культур на агрофізичні умови в системному часовому режимі, біологічно та економічно допустимих рівнів концентрації культур в сівоzmінах, значення органічної маси побічної продукції, оптимальних режимів вологозабезпечення [137, 166, 185, 246].

Важливі та актуальні питання протиерозійних заходів у землеробстві було висвітлено в наукових роботах дослідників [253, 316, 342]. Також було з'ясовано важливий внесок науково-дослідних установ, закладів вищої освіти, окремих учених у розроблення теоретико-методологічних засад та практичне впровадження ґрунтозахисних технологій у землеробстві регіону. Науковцями узагальнено ефективність застосування таких заходів, як вирощування сумішок багаторічних трав у ґрунтозахисних сівозмінах, смугове розміщення культур, протиерозійний обробіток ґрунту упоперек схилів, боронування, кротування, лункування, мульчування, щілювання, залуження схилів, застосування полезахисних лісосмуг, запропонованих В. Р. Вільямсом, В. Н. Дунаєвським, О. С. Козьменком, Т. С. Мальцевим, В. О. Пастушенком, О. С. Скородумовим, С. С. Соболевим, К. Л. Холуп'яком та іншими. Встановлено роль державного регулювання у розробленні науково обґрунтованих заходів боротьби з ерозією ґрунтів, зростанні їх родючості. Розкрито значення науково-організаційної діяльності НААН, що полягала у координуванні науково-дослідних робіт із розроблення й удосконалення рекомендацій виробництву з протиерозійних технологій [345, 381, 410, 413, 418].

Відмічено, що у аграріїв оранка, як основний обробіток ґрунту, була безальтернативним заходом основного обробітку ґрунту і була позбавлена майже всіх недоліків попри те, що з кожним роком дедалі популяризують і рекламують безполицевий, мінімальний, нульовий та інші види основного обробітку ґрунту. Об'єктивна оцінка оранки свідчить, що поряд із численними перевагами, вона має і свої недоліки. В першу чергу, це висока енергоємність, утворення плужної підшви, погіршення водного режиму та ін. Відтак аграрії шукають інші прийоми обробітку ґрунту. Одним із них є глибоке розпушування, яке робиться чизелькультиваторами. Безполицевий обробіток збільшує вміст органічних речовин, поліпшує структуру, регулює ґрунтову температуру й дає змогу ґрунту втримати більше вологи. Чизелі використовують тоді, коли потрібно глибоко розпушити ґрунт, не перевертаючи його. Чизелювання проводиться на глибину 25–35 та 35–60 см. Для цього використовують різні

моделі чизелів та глибокорозпушувачів, які відповідають усім агротехнічним вимогам як вітчизняного, так і закордонного виробництва. Автори наводять характеристики розпушувачів із Італії (Attila, Artiglio та Pinocchio), Франції (Kuhn), Німеччини (Доломіт і Топаз) та інших, які заслуговують на увагу в Україні [261].

В проведеній дослідницькій роботі Вожегової Р. А., Голобородька С. П., Димова О. М. [49] було відмічено значні обсяги ерозійно-небезпечних (до 40,8 % загальної площі сільськогосподарських угідь) та деградованих ґрунтів в Україні, автори наголошують на загостренні ситуації в зв'язку з інтенсивними темпами регіональних змін клімату. В роботі відмічено вкрай недостатній обсяг переведення деградованих земель у резервні в Україні. Грановською Л. М., Вожеговою Р. А. [75] доведено, що однією з причин є природна посушливість, яка супроводжується недостатньою кількістю опадів, від'ємним водним балансом та пов'язаним з ним специфічним процесом ґрунтотворення. Також авторами визначено, що однією з важливих вимог забезпечення бездефіцитного балансу гумусу і вмісту його на рівні 2,5–3,5 % в умовах зрошення є дотримання співвідношення с.-г. культур у сівозмінах Південного Степу.

Проте, посилення механічного контакту ґрунту з робочими органами агрегатів та їх ходовими частинами викликало народження нової проблеми, яка полягає в суцільному зростанні щільності складення степових ґрунтів в наслідок розпорошення орного шару та здійснення фізичного тиску за рахунок погіршення умов вегетації сільськогосподарських культур. Для ефективного усунення факторів ерозійного ризику на початку розгортання протиерозійної системи збереження родючості ґрунтів важливо провести аналіз експериментальних даних і визначити теоретичні підстави щодо добору і адаптивної зональності знарядь обробітку, що попереджують деградацію степових ґрунтів і гальмування їх змиву та стоку вологи опадів [197, 295, 306].

Сьогодні ерозійні процеси досягли понад 15 млн. га ріллі, а кожен 5 га з повнопрофільних ґрунтів в перспективі починається з їх деградації. В Україні 52 % земель розміщується на схилах понад 1°, на яких непродуктивні втрати

вологи на стік зливових і талих вод становлять 60 %. До складу змиву ґрунту входить до 15–25 % біогенних речовин, добрив і пестицидів, які використовуються в технологіях вирощування сільськогосподарських культур та входять як складові частини ґрунту [16, 17, 418, 436].

В фундаментальній науковій роботі з вивчення ерозійних процесів Кутова А. М., Круглова О. В., Коляди В. П. [184] висвітлено, що незворотні щорічні втрати ґрунту від водної ерозії в зоні Полісся України в середньому становлять 7,6, Лісостепу – 7,8, Степу – 3,3 т/га. Наведено розроблену авторами картосхему просторового розподілу балансу гумусу та розрахованих загальних втрат гумусу від водної ерозії. Найменшими обсягами останніх (50–100 кг/га) характеризується територія Південного Степу України; до другої групи (140–200 кг/га) віднесено територію Полісся, Лівобережного Лісостепу та Північного Степу; максимальними значеннями (200–300 кг/га) вирізняється Правобережний Лісостеп. Дефляційно небезпечні райони України переважно зосереджені у південно-східній частині країни. В науковій роботі доведено, що розрахунок балансу гумусу під окремими сільськогосподарських культурами або за сівозміну має включати середні по адміністративній області втрати гумусу, зумовлені водною, а в областях, де існує загроза дефляції, – і вітровою ерозією.

В науковій роботі відомих вчених ґрунтознавців Балюка С. А., Кучера А. В., Максименка Н. В. [15] показано, що головною проблемою ґрунтових ресурсів України є деградація. Обсяг деградованих та малородючих ґрунтів на теперішній час становить понад 8 млн га, щорічних втрат від недобору врожаю — близько 33,6 млрд грн. До найхарактерніших деградаційних процесів у ґрунтах віднесено: втрати гумусу (з інтенсивністю 0,42–0,51 т/га на рік), елементів живлення, особливо фосфору та калію (дефіцит балансу NPK у 2017 р. загалом становив 36,0 кг/га); ерозійні втрати верхнього родючого шару; переущільнення, руйнування структури, брилистість і кіркоутворення; підкислення ґрунтів; вторинне осолонцювання й засолення зрошуваних ґрунтів; спрацювання торфовищ; забруднення радіонуклідами (11,1 % площі ріллі), пестицидами (9,3 %) й важкими металами (8 %) тощо. Визначено основні

причини деградації ґрунтів: дефіцит органічних і мінеральних добрив, зменшення обсягів хімічної меліорації, недостатність агролісомеліоративних заходів і особливо, недостатня зацікавленість землекористувачів у збереженні та відтворенні ґрунтової родючості.

Науковцями Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л., Білокінь О. А. [343] доведено, що за потепління клімату та посилення зливого характеру опадів, вітрового режиму, занадто високого рівня розораності сільськогосподарських земель та насичення сівозмін інтенсивними просапними культурами, зокрема соняшником та кукурудзою, внаслідок інтенсивної сільськогосподарської діяльності підприємств, дегуміфікації ґрунтів, а також призупинення запровадження протиерозійних заходів ризику деградації та опустелювання агроландшафтів значно підвищуються.

За тривалого сільськогосподарського використання ґрунтів в умовах степової зони України Крамарьовим С. М., Бандурою Л. П., Артеменко С. Ф., Крамарьовим О. С., Писаренком П. В. [167] встановлено значне погіршення агрофізичних властивостей чорнозему звичайного в розрізі ґрунту глибиною 0–200 см. Зокрема, порівняно з цілиними ділянками потужність верхнього гумусового горизонту зменшилась майже на 10 см, відбулись зміни його будови (від однорідної зернистої структури до двошарової з порушеною зернисто-грудкуватою структурою та плужною підшвою підвищеної щільності) тощо. Довготривала традиційна оранка істотно змінила гранулометричний склад ґрунту. Найменші показники щільності ґрунту були характерними для цілини. В шарі ґрунту 0–5 см вона становила $0,73 \text{ г/см}^3$, 5–20 см – $0,85\text{--}0,92 \text{ г/см}^3$. На ріллі показники збільшувались до $0,88$ і $0,95\text{--}0,99 \text{ г/см}^3$ відповідно. Авторами було визначено комплекс агрозаходів для припинення подальшого розвитку фізичної деградації чорнозему звичайного: створення бездефіцитного балансу гумусу та біофільних елементів мінерального живлення, введення мінімізації механічного впливу на ґрунт, впровадження в сільськогосподарського виробництво та дотримання зональних сівозмін з уведенням багаторічних трав, повна заборона

спалювання стерні після збирання зернових культур, обов'язкове мульчування поверхні ґрунту тощо.

В фундаментальних роботах Балюка С. та ін. [21] обґрунтовано стратегію сталого управління ґрунтовими ресурсами України з позицій міждисциплінарного підходу, що передбачає: удосконалення законодавчого і нормативно-правового забезпечення; поліпшення інформаційного, інституційного, технологічного та фінансового забезпечення управління ґрунтовими ресурсами; ефективну міжнародну співпрацю, а також визначено прогностичні економічні, екологічні та соціальні ефекти вирішення проблеми.

Як виявилось чорноземні ґрунти степової зони мають достатньо сприятливу особливість утримувати всі агрофізичні показники ґрунту в буферному стані, але внаслідок інтенсивної експлуатації ґрунтів на даному технічному рівні неможливо утримати показники його родючості в оптимальних межах. Це проявляється в таких негативних явищах, як збільшення в 2,5–3,4 рази кількості пилюватої фракції ґрунту розміром менше 0,25 мм, частина якої в структурі досягла 32–37 %, посилилась схильність до тріщинуватості при втраті вологи, підвищилася щільність складення ґрунту і збільшився питомий опір в процесі обробітку знаряддями, зменшився обсяг ризосфери, погіршилася більш як в 5,5 разів інфільтрація опадів [344, 345, 484].

Головною причиною такого явища є надмірно високий ступінь розораності земель, що становить 80–82 % усіх сільськогосподарських угідь або близько 58 % всієї території [16, 374].

За результатами наукових досліджень Камінського В. Ф. та ін. [134] було сформовано найзагальніші принципи формування адаптивноландшафтної системи землеробства. Суть якої полягає в тому, що ефективне господарське використання земель ведеться з урахуванням їх диференціації за агроекологічними групами відповідно до кон'юнктури ринку, наявності природних і виробничих ресурсів, які забезпечують стійкість агроландшафту й відтворення родючості ґрунту.

Для розробки нової агротехніки польових культур та створення оптимальних моделей ґрунтообробних знарядь важливе значення має досягнення високого рівня сумісності властивостей ґрунтів, параметрів, які можуть задавати знаряддя обробітку ґрунту та вимог, що пред'являють сільськогосподарські культури для створення сприятливих умов свого росту і розвитку. В зв'язку з цим велике практичне значення мають такі технологічні показники ґрунту як щільність складення ґрунту, щільність твердої фази, водопроникність, запаси доступної вологи по фазах розвитку культур, якість обробітку ґрунту (обертання скиби, кришення, розпушення) [135, 495, 465, 482].

Особливо несприятливі умови для росту і розвитку сільськогосподарських культур створюються внаслідок тривалого обробітку на одну глибину різними ґрунтообробними знаряддями. В результаті створюється так звана плужна підшва це зона з високою щільністю складення ґрунту, недостатньою шпаруватістю та інше. Це дуже важлива проблема в обробітку ґрунту технічне вирішення якої потрібно розглядати на всіх оброблювальних землях [233].

Вітчизняними і закордонними дослідженнями встановлена висока ґрунтозахисна роль післязбиральних рештків, які зосереджуються на поверхні ґрунту при її безполицевому обробітку [511]. Найбільш поширеними знаряддями безполицевого обробітку ґрунту є плоскоріз та глибокорозпушувач (чизель), які забезпечують максимальне збереження на поверхні поля стерні та післяжнивних рослинних решток. Вважається [432], що в попередженні водної ерозії перспективним є чизельний обробіток ґрунту. В цілому ж, проведені дослідження свідчать, що в нинішній час різні варіанти безполицевого обробітку ґрунту можуть знайти застосування приблизно на 50 % орних земель України [374].

Вітчизняними і закордонними вченими встановлено, що водній ерозії легкосуглинкові ґрунти піддаються при швидкості стікання води 0,4–0,9 м/с, а глинисті ґрунти – 0,7–1,2 м/с. Для захисту ґрунтів від водної ерозії в таких випадках потрібно не менше 600 шт./м² післяжнивних рештків колосових культур довжиною 14–16 см. При цьому найбільш ефективна стояча стерня

розміщена в рядках впоперек основного схилу. Змив ґрунту в цьому разі порівняно з відкритим фоном зменшується в 10–12 разів. Стерня висотою 6–8 см знижує еродованість тільки в 3–4 рази. При такому зрізі на полі залишається, як правило, в перерахунку на умовну стерню не більше 30 шт./м² післяжнивних решток, що менше необхідної кількості для формування ерозійностійкої поверхні в 2 рази, а з урахуванням мінералізації в 3–4 рази [325].

Як наслідок, для більшості ґрунтів значним резервом контролювання ерозійних процесів та підвищення родючості ґрунтів є впровадження ґрунтозахисних систем землеробства та їх удосконалення з урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей кожного сільськогосподарського регіону [198, 270, 275].

Значної уваги розвитку теоретичної бази проблеми захисту ґрунтів від ерозії, зональній модифікації ґрунтозахисних технологій та оцінці природоохоронного ефекту різних прийомів обробітку ґрунту приділено в наукових працях вчених [275, 293] та багатьох інших.

Важливе теоретичне та практичне значення для землеробства має вивчення систем ґрунтозахисного обробітку ґрунту та знарядь плоскорізного типу, які дозволяють ефективно використовувати як протиерозійний захід мульчу з рослинних рештків різних культур. Значний історичний період використовується обробіток ґрунту з мульчуванням поверхні ґрунту з рослинних рештків в США та інших країнах [344, 413].

Високу протиерозійну ефективність обробітку ґрунту з використанням мульчі доведено дослідями в науково-дослідних установах, розташованих в близьких до зони Степу ґрунтових умовах [413].

Значний прогрес у ґрунтозахисному землеробстві полягав у тому, що в контролюванні повітряною та водної ерозією в США, Канаді, Англії та інші країни замість оранки стали широко використовувати обробіток чизельними знаряддями, після якого на поверхні ґрунту зберігається до 90 % післяжнивних рештків [232, 264]. Поєднання ґрунтозахисного обробітку (чизелювання і ін.) або

прямої сівби з рослинними рештками в зоні інтенсивних опадів забезпечує значне зниження змиву ґрунту [264].

Ґрунтозахисний обробіток ґрунту такий, як плоскорізний, чизельний, нульовий в порівняно з загальноприйнятим вимагає менших витрат матеріальний та енергетичних ресурсів [265].

Проте, виходячи з балансу економічних та екологічних проблем, мінімізовані прийоми обробітку ґрунту займають достатньо важливе місце в системі землеробства. За даними, наведеними [346], мінімалізація обробітку ґрунту знайшла широке розповсюдження в ряді країн з різними ґрунтово-кліматичними умовами та супроводжувалося скороченням кількості обробітків (виключення оранки) економія енерговитрат склала 46 % у порівнянні із звичайною технологією, а при посіві в необроблений ґрунт (прямий посів) – на 85 % [264, 511].

Як видно з проведеного огляду наукових досліджень, в проблемі мінімізації обробітку ґрунту залишається велика кількість не вирішених питань, що відносяться до створення моделей і технологічних процесів обробітку ґрунту, принципів диференціації системи основного обробітку в сівозміні, використання рослинних рештків як протиерозійного засобу, подолання високої шкодочинності бур'янів, хвороб і шкідників.

Дослідження з вивчення впливу тривалого застосування різних прийомів основного обробітку ґрунту та No-till технології і внесення мінеральних добрив під культури на вміст гумусу в кукурудзяно-соевій сівозміні в умовах Правобережного Лісостепу України показали, що за 10-річний період (2010–2020 рр.) уміст гумусу в орному 0–30 см шарі ґрунту за оранки (на глибину 20–22 см) зменшився на 0,30, дискового обробітку (на глибину 10–12 см) на 0,38, застосування No-till технології – на 0,14 %. В останньому варіанті виявлено чітку диференціацію орного шару щодо досліджуваного показника: на 0–10 см глибині його вміст становив 2,18 % (зростання на 0,10 %), 10–20 см – 1,88 % (зменшення на 0,19 %) і на 20–30 см – 1,56 % (зменшення на 0,31%). У варіантах, де

проводився основний обробіток, диференціації вмісту органічної речовини не спостерігалось [116].

При порівняльному аналізі профільної мінливості водно-фізичних властивостей чорнозему при довготривалому застосуванні оранки та No-till технології науковцями було зафіксовано за 11-річного застосування No-till технології вищу порівняно з традиційною оранкою дисперсність чорнозему типового легкосуглинкового по всьому ґрунтовому профілю (0–85 см). У варіанті з No-till у структурі порового простору переважала макропористість, крупніша за 3,0·10–3 см, тоді як на ділянці оранки – структурна елементарна пористість ($\approx 0,7$ –1,0·10–3 см). Виявлено інверсійний тип профільного розподілу вологопровідності ненасиченого ґрунту. У варіанті з No-till найвищі значення вологопровідності спостерігались у найглибшому горизонті (70–85 см); з наближенням до поверхні показники зменшувалися. На ділянці оранки максимальний рівень вологопровідності було зафіксовано в оброблюваному горизонті (0–15 см). За оранки абсолютні значення вологопровідності були на порядок вищими у верхньому, за No-till – у найглибшому горизонті ґрунту. Зазначається, що профільний розподіл вологопровідності на ділянці No-till сприяв інфільтраційному живленню підземних вод та капілярному підживленню кореневого шару ґрунту з глибоких горизонтів; він виявився більш сприятливим для водного режиму ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур [154].

Мапушкіна Т. М., Дробітько А. В., Каганова Т. В., Геращенко О. А. [216] при дослідженні впливу технології No-till на фізичні й біологічні властивості ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур в умовах Південного Степу України зазначають, що приріст урожайності сільськогосподарських культур за технологією No-till становив 14,3–22,9 %, а це свідчить про оптимізацію показників родючості ґрунту в кліматичних умовах досліджуваного регіону порівняно з традиційними інтенсивними технологіями. Дослідники роблять висновок, що запровадження технології No-till дає змогу оптимізувати екологічні процеси в ґрунті, зменшити антропогенне навантаження на

агроекосистеми і прояв ерозійних процесів, підвищити врожайність сільськогосподарських культур і знизити енерговитрати на їх вирощування.

Іващенко О. та Іващенко О. [132] в своїх наукових дослідженнях доводять, що за умови дефіциту вологи на полях першочергового значення набувають такі агрозаходи, як боротьба з бур'янами, впровадження давно розроблених ефективних систем протистояння вітрам у приземних шарах атмосфери (формування вітрозахисних смуг, насаджень тощо), оптимізація структури полів та зменшення обсягів широкорядних посівів до 30–40 % площ орних земель, запровадження смугових і кулісних посівів, контурних систем сівби, систем No-till та Strip-till.

Проведені дослідження Корнійчука О. [159] з вивчення ефективності технології No-till за вирощування пшениці озимої в зоні нестійкого зволоження Лісостепу Правобережного впродовж 2011–2015 рр. показали, що No-till технологія істотно оптимізує гідротермічний режим ґрунту, підвищує його стійкість до водно-вітрової ерозії, сприяє поступовому росту врожайності та покращує економічні показники вирощування пшениці озимої.

В польових наукових дослідках з вивчення ефективності прямої сівби на чорноземі звичайному важкосуглинковому правобережного Степу науковці Черячукін М. І. та Григор'єва О. М. [402] доводять, що вплив різних систем обробітку ґрунту на вологозабезпеченість майже однаковий. Забур'яненість посівів сільськогосподарських культур у середньому за роки досліджень становила за оранки 30 шт./м², за прямої – 47 шт./м². Проте забур'яненість посіву в перший рік застосування прямої сівби лишається на рівні оранки, а в наступному вона швидко зростає і вже на 3-й культурі сівозміни перевищує контроль на 50 % і більше. Урожайність культур коливалася залежно від систем обробітку ґрунту і погодних умов. Так, продуктивність 5-ти культур сівозміни за прямої сівби знизилась на 4,4 % порівняно з оранкою. Автори роблять висновок, що пряма сівба – це значна економія енергоресурсів за рахунок зменшення продуктивності сівозміни на 4,4 %.

Войтовик М. В., Панченко О. Б., Примак І. Д., Цюк О. А. [51] наводять результати вивчення застосування технологій обробітку ґрунту на щільність і твердість ґрунту, урожайність сої центрального Лісостепу України. Встановлено, що щільність складення ґрунту за No-till технології і мінімального обробітку призводить до зростання щільності ґрунту порівняно з оранкою. Підвищення її найбільше відбулося в 20–30 см шарі чорнозему типового за мінімального обробітку ґрунту. Заміна полицевого нульовим та мінімальним обробітками приводила до зростання опору ґрунту. Твердість в шарі ґрунту 0–30 см після дискового обробітку була вищою від оранки на $5,5 \text{ кг/см}^2$, після No-till технології – на $8,2 \text{ кг/см}^2$. Урожайність сої за дискування ґрунту знизилась на 5,4 % порівняного з оранкою. За No-till технології і оранки урожайність зерна сої одержана на одному рівні, що становить відповідно 2,19 і 2,20 т/га.

Не дивлячись на позитивні приклади регіонального впровадження ґрунтозахисних комплексів, загальні обсяги освоєння природоохоронних принципів ведення землеробства залишаються незадовільними. В результаті площі орних еродованих земель збільшуються, а родючість ґрунтів несе важковідновлювальні втрати поживних елементів, які в 1,5 рази перевищують кількість азоту, фосфору і калію, що вносяться з добривами. Відмічаючи ґрунтозахисну ефективність і інші переваги мінімального обробітку, ряд дослідників [116, 132, 242, 245, 298, 303, 325, 345, 409, 420] вважає, що широке застосування їх без глибокого вивчення в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах може привести до ряду негативних наслідків: забур'яненості посівів, погіршення агрофізичних властивостей ґрунту, зниження врожайності польових культур.

1.2. Регулювання шкодочинності бур'янів в агроекосистемах на основі агротехнічних прийомів та хімічних засобів

У надзвичайно критичній ситуації опинився фітосанітарний стан багатьох оброблюваних земель. Відмічається системне зростання актуальної та

потенційної забур'яненості шкідливими, карантинними та важковикорінюваними бур'янами. Погіршення фітосанітарного стану посівів при безсистемному обробітку ґрунту в різних ґрунтово-кліматичних регіонах призвело до зниження врожайності на 12–34 %. Необхідність збільшення застосування хімічних засобів вимагає великих витрат і створює небезпеку для навколишнього середовища [129, 300, 333, 371, 376, 380, 477].

В процесі суттєвої модернізації землеробства, який відображений в ході проведення наукових досліджень і виконання науково-технічних програм підтвердило, що за таких обставин на сівозміни і обробіток ґрунту покладається відповідальна місія контролювання фітосанітарного стану [131, 214, 219, 333, 371, 376].

Важливим аспектом впливу сівозмінного фактора на забур'яненість посівів зернових та зернобобових культур та формування їх врожайності відмічають вітчизняні та зарубіжні вчені [130]. В наукових дослідженнях зазначених вчених встановлено, що у комплексі заходів з контролю чисельності бур'янів сівозміна відіграє першочергове значення, оскільки окремі культури (наприклад, пшениця озима) можуть добре конкурувати з бур'янами. Проте чергування культур гармонійно пов'язується із обробітком ґрунту, внесенням добрив і доглядом за посівами [131].

Сьогодні реальний стан забур'яненості ґрунту і посівів є наскільки важливим для регулювання ефективності виробництва зернових та олійних культур, а видовий склад бур'янів настільки різноманітний, що без врахування гербологічної ситуації в агросистемах неможливо вдосконалювати та впроваджувати технологічні розробки в виробництво. На кожному етапі розвитку землеробства домінуючими були окремі біологічні групи бур'янів, які завжди детермінувалися за своїм структурним складом добром сільськогосподарських культур, інтенсивністю механічних прийомів основного обробітку ґрунту та доглядом за посівами, а також спектром фітотоксичної дії гербіцидів та обсягами їх застосування [417]. Як показують спостереження за фітоценотичною і гербологічною ситуацією в степовій зоні трансформація

ступеня та типу засміченості бур'янами дуже чутливо реагує на темпи модернізації заходів контролювання бур'янів, тобто чим більше прискорено змінюється структура посівних площ, впроваджуються принципово різні прийоми основного обробітку ґрунту на базі, як полицевих та безполицевих знарядь, та обприскування новими формуляціями і препаративними формами гербіцидів [131]. Оскільки подальше удосконалення системи інтегрованого захисту посівів сільськогосподарських культур буде враховувати необхідність уведення в теорію і практику гербології поняття гербіцидозміни, то накопичення фонду експериментальних даних з контролювання видової динаміки бур'янів є гранично необхідним для подолання непродуктивних втрат врожаю внаслідок високого ступеня забур'яненості [219, 300, 333, 337, 370].

Аналіз наукових результатів одержаних в різних регіонах степової зони щодо динаміки фітоценозів бур'янів переконливо доводить, що ступінь щільності бур'янів залишається постійно небезпечним і створює несприятливі умови, які викликають регулярні втрати зернової продукції на рівні 17–58 % [416].

Бур'яни належать до факторів ризику зниження врожайності польових культур та погіршують якість отриманої продукції, значно збільшують витрати ресурсів виробництва, перешкоджають проведенню якісного обробітку ґрунту та проведення інших робіт, сприяють ураженню культурних рослин хворобами та заселенню шкідниками, знижують ефективність добрив та інших агротехнічних заходів [129, 300, 333, 372, 376, 380].

Ботанічний склад бур'янів дуже різноманітний (деякі дослідники налічують близько 2000 видів), але внаслідок пристосування до певних умов кількість видів їх на окремих землях сівозміни як правило невелика [127, 384].

Протягом багатьох століть у землеробстві проводиться контролювання бур'янів, і певний успіх у цій справі досягнуто, але поряд з цим у результаті суворого відбору під впливом природних і агротехнічних факторів сформувався добре пристосований до певних культур видовий склад бур'янів, яким властиві велика біологічна пластичність щодо теплового, водного, повітряного і

поживного режимів ґрунту, морфологічна мінливість і велика здатність до розмноження (насінням і вегетативно), самопоширення, різна і часто тривала життєздатність насіння (від кількох місяців до десятиліть). Багато видів бур'янів добре витримують холодну погоду і спекотну посуху і надмірне зволоження успішно конкурують з культурними рослинами як на родючих, так і на бідних ґрунтах. Причому в той час, коли культурні рослини дають порівняно небагато насіння, наприклад зернові колосові по 200–300 насінин, плодючість однієї рослини амброзії полинолистої досягає – 142 тис., вовчка соняшникова – 120 тис., щириці звичайної – 900 тис. [127, 129].

Насіння бур'янів різних видів і навіть однієї рослини має різний за тривалістю період спокою. Зумовлюється це його морфологічними особливостями, повільним проходженням процесів обміну речовин у період спокою. Схожість насіння більшості видів бур'янів зберігається значно довше, ніж у культурних рослин. Так, у вологому та холодному ґрунті насіння культурних рослин втрачає життєздатність через кілька тижнів, а іноді й , тоді як у амброзії полинолистої вона зберігається до 40 років, вовчка соняшникового до 18 років. Важливою властивістю бур'янів є їх інтенсивний ріст. При цьому в результаті великої вбирної здатності кореневої системи вони споживають з ґрунту багато вологи і поживних речовин, що мали бути використані сільськогосподарськими культурами. Усі ці особливості необхідно враховувати під час розробки і проведення системи заходів контролювання бур'янів [130, 416].

Покращання на наступних етапах системи обробітку ґрунту, пов'язане з ростом механізації сільського господарства, вдосконалення технології вирощування сільськогосподарських культур, поповнення арсеналу засобів боротьби з бур'янами гербіцидами дозволили значно знизити засміченість полів. Однак і в подальшому за даними вчених [128] середні втрати від бур'янів складали 12,5 % всього валового збору рослинницької продукції. Ці недобори врожаїв близькі до середніх світових показників, які оцінюються в межах 9,7–11,5 % [443] вважають, що сільське господарство США через засміченість

щорічно втрачає більше, ніж від ерозії, руйнування ґрунтової структури, повеней і хвороб тварин взятих разом і лише дещо менше сумарних втрат від шкідників і хвороб рослин.

Сучасними науковими дослідженнями та виробничою практикою відмічено, що в останні роки спостерігається тенденція до створення екологічних, біологічних технологій захисту рослин від шкідливих організмів, у тому числі, бур'янів, значну роль у них відіграє сівозміна. У польових експериментах Грицюк Н. В., Довбиш Л. Л., Бакалової А. В., Пузняк О. М. [77] проведених у 2016–2018 рр. у довготривалому стаціонарному досліді встановили, що видовий склад бур'янової синузії у посівах культур сівозміни не показав визначної закономірності його формування і не залежав від системи удобрення. Визначено, що кількісні зміни забур'яненості посівів, у першу чергу, відбулися під дією вирощування культур і менше залежали від застосування мінеральних та органічних добрив.

Проведений моніторинг видового і кількісного складу бур'янів у посівах сої короткоротаційної зерно-просапної сівозміни (ячмінь ярий – соняшник – соя – пшениця озима), різних систем обробітку ґрунту (полищеву, мілку дискову та технологію No-till) та трьох систем удобрення (без добрив, ресурсощадну мінімізовану, інтенсивну) впродовж 2016–2021 рр. показав, що в умовах зони нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу в короткоротаційній сівозміні за тривалого застосування різних систем основного обробітку ґрунту за вирощування сої система основного обробітку ґрунту, яка ґрунтується на проведенні полищового обробітку, має значні переваги щодо зменшення забур'яненості посівів сої над системою безполищового обробітку дисковими знаряддями і технологією No-till [354].

При оцінці гербологічної ситуації агрофітоценозу ячменю ярого за різних попередників в умовах дослідного поля Вінницького національного аграрного університету Пелехом Л. В. [278] було встановлено, що видовий склад бур'янів залежав від культури попередника та алелопатичного профілю культурних рослин сівозміни. В сукупному обліку виявлено 36 видів бур'янів із 22 родів.

Так, після соняшнику кількість видів становила 30, після редьки олійної — 19. Внаслідок оцінки забур'яненості сформульовано загальні закономірності формування структури бур'янів з огляду на типологічні попередники та проведено оцінку динаміки формування кожної біологічної групи бур'янів. Зроблено висновок, що підбір відповідного попередника у сівозміні є надійним важелем регулювання забур'яненості поля не лише в кількісному, але і у видовому співвідношенні, що дає змогу правильно підібрати гербіцид та підвищити врожайність ячменю ярого.

В науковій публікації Іващенко О. О. висвітлено, загальні запаси насіння бур'янів різних видів у шарі ґрунту 0–10 см у середньому становлять: Полісся — 49 тис. шт./м², Лісостеп — 57 тис. шт./м²; Степ у середньому — 57 тис. шт./м². Відповідно протягом теплого періоду року на 1 м² орних земель здатні прорости і сформувати сходи бур'яни різних видів у середньому: у зоні Полісся — 1887 шт., Лісостепу — 4674 шт., у зоні Степу — 2242 шт. Автором зроблено висновок: зниження затрат на системи захисту посівів сільськогосподарських культур від бур'янів можливе у першу чергу за умов зниження обсягів їх насіння у орному шарі ґрунту [127, 131].

Танчик С. та Бабенко А. [340] в своїй роботі з вивчення гербокритичного періоду у забур'яненості кукурудзи відмічають, що бур'яни в посівах кукурудзи погіршують водний, поживний та світловий режими, внаслідок чого втрачається 25–30 % і більше очікуваного врожаю кукурудзи. Ріст кукурудзи відзначається великою нерівномірністю. Встановлено, що у ранньостиглих гібридів конкуренція відбувається у період від появи сходів до фази 3–5 листків (20 днів), у середньоранніх цей період припадає на 20–30-денну конкуренцію після появи сходів, а в середньостиглих — на 20–40-й день. Виходячи з цього, слід починати боротьбу з бур'янами в посівах кукурудзи: для ранньостиглих — від появи сходів кукурудзи, для середньоранніх — в межах від 10 днів, у середньостиглих — від 20 днів після появи сходів і продовжувати її в період вегетації.

В результаті аналізу фітосанітарного стану агроценозу гібридів соняшнику в контексті його забур'яненості однорічними та багаторічними видами різних

екологічних груп дослідниками було встановлено, що максимального значення показник урожайності насіння гібридів, що досліджувалися, набув за варіантами органічної та біологізованої II технологій вирощування і становив 2,16–2,20 т/га; за традиційної (інтенсивної) та біологізованої I він становив 1,87–1,88 т/га. Вирощування культури за екстенсивною технологією (без застосування будь-яких добрив та засобів захисту рослин) було визнане як неефективне: у середньому за роки проведення досліджень урожайність насіння не перевищувала 0,70–0,73 т/га за епіфітотійного розвитку хвороб, високого рівня ураженості фітофагами та забур'яненості агроценозу [113].

З вивчення питання ефективності механічних заходів контролювання амброзії полинолистої науковці доводять в своїх дослідженнях, що доцільність використання виривання з кореневою системою бур'яну на великих ділянках є низькою через незручність. При порівнянні ефективності викопування з корінням і скошування рослин як заходів контролювання амброзії полинолистої, встановлено, що у фазі чотирьох листків доцільним є проведення викопування, а після цвітіння рослин – скошування [286, 413].

Іващенко О. О. [128] в результаті проведення комплексних досліджень з вивчення вовчка у посівах соняшника та методи його контролю встановлено, використання порівняно стійких проти відповідних рас вовчка гібридів соняшнику забезпечує одержання лише тимчасових і неповних позитивних результатів. Імунні щодо ураження різними расами вовчка гібриди соняшнику не виявлені, а до наявних стійких гібридів паразит формує нові агресивні популяції. Найефективнішими наразі є профілактичні заходи, які дають можливість одержувати високі врожаї соняшнику і не погіршувати фітосанітарну ситуацію на орних землях у майбутньому.

Науковцями Павловим О. С., Бабенко А. І., Андрущенко А. С. [269] було доведено, що ефективним заходом контролювання найбільш шкодочинних зимуючих та озимих видів бур'янів, таких як: *Apera spica-venti*, *Galium aparine*, *Veronica persica*, *Consolida regalis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Descurainia Sophia*, *Vicia villosa* та ін. у посівах пшениці озимої є осіннє внесення гербіцидів. Ними

відмічено, що особливо це ефективно на ранніх стадіях розвитку культури, починаючи від стадії проростання насіння, коли вона найбільш чутлива до їхньої наявності.

В досліджах Курдюкової О. М. та Тищука О. П. [183] з вивчення питання контролювання неотенічних і карликових бур'янів було встановлено, що пізньоосіннє застосування гербіцидів для контролю неотенічних та інших малорічних бур'янів було недоцільним. У посівах пшениці озимої максимальне знищення бур'янів досягалося застосуванням гербіцидів системної дії восени за 10–12 діб до закінчення вегетації, або після початку весняної вегетації. Дослідниками доведено, головна увага в системі контролю неотенічних та карликових бур'янів належить літньо-осіннім технологічним заходам шляхом 1–2-разового лушення стерні. В посівах ярих культур вони також знищуються в системі допосівного обробітку ґрунту в поєднанні з гербіцидами, а в посівах озимих – застосуванням гербіцидів системної дії восени, або рано навесні.

В сучасних дослідженнях вітчизняними вченими було визначено вплив різнокомпонентних післясходових гербіцидів з широким спектром дії (римсульфурон + дикамба + нікосульфурон; нікосульфурон + римсульфурон; топрамезон + дикамба) на забур'яненість посівів і врожайність зерна кукурудзи в умовах Східного Лісостепу України. Найвищий рівень приросту врожаю зерна кукурудзи одержано у варіанті внесення гербіциду римсульфурон + дикамба + нікосульфурон. Встановлено, що застосування в посівах кукурудзи у фазі 4–5-ти листків гербіциду римсульфурон + дикамба + нікосульфурон є перспективним для ефективного контролювання проблемних бур'янів і забезпечення підвищення врожайності зерна в умовах Східного Лісостепу України [84].

Дослідженнями проведеними в умовах Полтавської обл. у 2020–2021 рр. Шокалою Н. С. та Белецьким В. О. [423] з вивчення застосування післясходових гербіцидів у посівах кукурудзи на зерно було встановлено, що в посівах найбільшого поширення набули бур'яни: щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus* L.), амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.), лобода біла (*Chenopodium album* L.), плоскуха звичайна (*Echinochloa crus-galli* L.) та мишій

зелений (*Setaria viridis* L.). Серед досліджуваних гербіцидів ефективнішим виявився Примекстра Голд в нормі 3 л/га у середньому за роки дослідження врожайність гібрида кукурудзи Кредит МВ (ФАО 310) становила 6,23 т/га проти 5,13 т/га за застосування Майстер Пауер в нормі 1,5 л/га.

В польових дослідях Окрушко С. С. [259] наводить результати досліджень щодо обґрунтування доцільності використання ґрунтового гербіциду Аденго 465 і страхового гербіциду МайсТер Пауер для ефективного контролю бур'янової рослинності в агрофітоценозах кукурудзи на зерно у Лісостепу України. Внесення страхового (ґрунтового) гербіциду Аденго 465 (0,35 л/га) сприяло знищенню бур'янів на 90 % порівняно з контролем без обробки гербіцидами. Поєднання досходового (страхового) та післясходового гербіциду МайсТер Пауер (1,25 л/га) у фазі 4–5 листків знищувало забур'яненість посіву на 97 % порівняно з контролем. Внаслідок внесення страхового гербіциду одержано приріст урожайності 3,9 т/га, за поєданого внесення – 4,8 т/га при врожайності на контролі 3,5 т/га. Автором зроблено висновок, що в умовах Правобережного Лісостепу України поєднане внесення гербіцидів ґрунтового й післясходового забезпечує прирістом урожайності зерна кукурудзи 4,8 т/га.

Дослідники Борзих О. І., Сергієнко В. Г., Сторчоус І. М. [334] в своїх наукових експериментах провели оцінку характерних ознак і наслідки впливу післядії гербіцидів Логран 75 WG, в.г. (триасульфурон, 750 г/кг), 10 г/га; Стобоб, р.к. (імазетапір, 50 г/л + бентазон, 400 г/л), 1,2 л/га; Євро-Лайтнінг®, в.р. (імазамокс, 33 г/л + імазапір, 15 г/л), 1,2 л/га; Команд, 48, к.е. (кломазон, 480 г/л), 0,2 л/га на основні сільськогосподарські культури і було встановлено, що технічна ефективність, через 60 днів після застосування гербіцидів на посівах ячменю ярого, сої, соняшнику та ріпаку озимого проти широкого спектра дводольних і злакових бур'янів становила 90–98 %. Залишкових кількостей діючих речовин досліджуваних гербіцидів у ґрунті не виявлено або вони були в межах гранично допустимих концентрацій. Більшість із досліджуваних гербіцидів не виявили післядії на чергові культури в сівозміні. Гербіцид Євро-Лайтнінг, в.р. попри відсутність залишкових кількостей у ґрунті призводив до

пригнічення росту культур, їх розвитку та зниження продуктивності. Істотне зниження врожайності зафіксовано на культурах буряків цукрових, гречки і соняшнику — на 29,3 %, 27,6 % і 26 % відповідно. Гуртовенко В. та Цюк О. [33] при застосуванні бакової суміші гербіцидів Челендж (аклоніфен, 600 г/л) – 2,5 л/га + Прометрекс (прометрин, 500 г/л) – 1,5 л/г отримали найвищу технічну ефективність серед досліджуваних препаратів.

В проведених лабораторно-польових дослідях Соломенка Л. І., Кудрявицької А. М., Вороніна Д. Ю. [332] було відмічено, що тривале та широкомасштабне застосування хімічних засобів захисту рослин сприяє розвитку резистентності різноманітних шкідників до їх дії, що супроводжується зниженням ефективності пестицидів і в результаті підвищенням норм їх витрати та кратності обробок культур. У лабораторних умовах досліджено післядію засобів захисту рослин на онтогенетичному та фізіологічному рівнях. На онтогенетичному рівні виявлено значне пригнічення кореневої системи рослин у зразках з найвищою токсичністю ґрунту, утвореною пестицидним забрудненням. На фізіологічному рівні помічено зниження вмісту хлорофілу в прямій залежності від токсичності ґрунту. Чутливішим виявився хлорофіл-*b* порівняно з хлорофілом-*a*. Визначено, що діапазон толерантності досліджуваних рослин до впливу пестицидного навантаження залежав від сорту пшениці озимої. Стійкішим виявився сорт Еміль порівняно з сортом Столична, що співпало з іншими характеристиками стійкості даних сортів.

Аналіз результатів досліджень з вивчення банку насіння бур'янів у ґрунті показав, що параметри цього показника на різних ґрунтах характеризуються значним розкидом і тому інтерпретація ступеня забур'яненості за кількістю насіння в ґрунті потребує найбільш адекватних методів. У дослідях Іващенко О. О. та Ременюка С. О. [127, 131] результати свідчать про значне збільшення загальних запасів насіння бур'янів різних видів у шарі ґрунту 0–10 см у зоні Степу і становлять 570 млн шт./га. Об'єктивні дані про запасів насіння бур'янів у ґрунті наведені в представленій статті, де ця кількість не перевищує 6 млн шт./га на перелогах до 133 млн шт./га в різних агроєкосистемах. Однак

незаперечним є той факт, що значні втрати врожайності завжди будуть мати місце, як при 133 млн шт./га, так і 570 млн. шт/га. Тому, як видно з аналізу, за будь-яких обставин зменшення витрат на системи контролю бур'янів для посівів сільськогосподарських культур можливе насамперед за рахунок зменшення кількості насіння бур'янів у верхньому шарі ґрунту.

При оцінці гербологічної ситуації агрофітоценозу за різних попередників у дослідях провідних вітчизняних вчених [38, 127, 278, 353, 417], видовий склад бур'янів залежав від культури-попередника та алелопатичного профілю культурних рослин у сівозміні. Однак, результати досліджень щодо впливу сівозміни та окремих культур на забур'яненість посівів сівозміни та окремих культур на видовий склад агроценозу бур'янів показують, що в даному випадку важливим є також боротьба з найбільш шкодочинною групою бур'янів, наявність якої в посівах насамперед впливає на рівень втрат врожаю. В даному випадку до найбільш шкодочинної групи належать 3–5 видів бур'янів, таких як *Ambrosia artemisiifolia* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Echinochloa crus-galli* L., *Setaria glauca* L., *Polygonum convolvulus* L. Необхідно також враховувати, що поряд з культурами на ступінь і тип забур'яненості активно впливають основний обробіток ґрунту і застосування органічних і мінеральних добрив.

У польових дослідях Лебеда Є. М., Цикова В. С., Шевченка М. С. та ін. [194, 417, 433] у довготривалому стаціонарному досліді встановлено, що видовий склад синопису бур'янів у посівах культур сівозміни не виявляв суттєвої закономірності його формування і не залежав від системи удобрення. Визначено, що кількісні зміни забур'яненості посівів сільськогосподарських культур насамперед відбувалися під впливом обробітку ґрунту і меншою мірою залежали від застосування мінеральних та органічних добрив.

Проте, автори несправедливо не враховують вплив добрив на формування ступеня забур'яненості посівів через зростання конкурентоспроможності культур та енергоємності посівів.

Фундаментальні питання динаміки банку насіння бур'янів у ґрунті залежно від глибокої оранки, мінімального та нульового обробітку з використанням покривного мульчувального шару розглядають Lundgren J. G. та ін. [479], а також Achenbach P. та ін. [442], який залишається на науковій позиції про значну роль розподілу насіння у вертикальному профілі ґрунту. Однак автор не розглядає, які додаткові агротехнічні заходи входять до комплексу оранки та забезпечують перевагу традиційної системи розпушування ґрунту. За результатами досліджень Simard M. J. та ін. [504] і S. Ghosh та ін. [466], значну роль у формуванні банку насіння бур'янів та підвищенні врожайності зернових і зернобобових культур відіграють способи обробітку ґрунту, які пригнічують проростання насіння бур'янів та їх негативний вплив на врожайність зернових і зернобобових культур [129, 219, 333, 370, 372].

Однак автори не повністю розкривають механізми контролю бур'янів, що в цілому створює протиріччя між позитивною оцінкою No-till і представленими в статті висновками про те, що No-till супроводжується збільшенням кількості бур'янів і ускладненням системи хімічного контролю їхньої забур'яненості. Дискусія щодо ефективності різних систем контролю бур'янів переконливо підтвердила значний прогрес сучасних технологій і досягнення високої ефективності у зниженні втрат врожаю. Але водночас проявилися нові проблеми, пов'язані з визначенням ролі таких факторів у формуванні агроценозів бур'янів, як сівоzmіна, енергоємність окремих культур, динаміка розміщення запасів насіння бур'янів у ґрунтовому профілі, роль мульчувального шару та методи контролю характеру пошкодження бур'янами.

1.3. Методи управління еволюційними процесами в розвитку рекультивованих та зональних екотопів

На сьогоднішній день людина бере активну участь у зміні та руйнуванні біологічних екосистем через порушення ґрунтового покриву. Зрозуміло, що деградація ґрунтів призводить до зміни і втрати агроекологічних функцій та

зменшення біорізноманіття. В останні десятиліття не тільки значно прискорилися та інтенсифікувалися природні процеси, а й виникли та активно поширюються антропогенні форми повного знищення ґрунтового покриву та його родючості. Існують десятки і сотні різних регіональних і зональних форм процесів деструкції ґрунтів. [9, 74, 79, 88, 241, 356, 365].

Озброєна потужними засобами виробництва та новітніми технологіями, виробнича діяльність людини все більше розширює сферу її втручання в основні процеси, що відбуваються в біогеоценозах. Масштаби цього впливу є конкретним фактором, що суттєво коригує функціонування всіх компонентів біогеоценозу, викликаючи зміни структурних і функціональних взаємозв'язків, в багатьох випадках з небажаними і навіть шкідливими наслідками [86, 171, 187, 289, 349, 366, 375].

В умовах зростаючого руйнування ґрунтового покриву внаслідок видобутку корисних копалин питання відновлення ґрунтів набуває особливого значення та актуальності. З одного боку, ґрунти є найбільш стійкими компонентами наземних екосистем, що відображається у їхній високій стійкості та повільній зміні під впливом зовнішніх факторів, тобто у високій буферності [88, 356, 365]. Однак, порівняно з іншими компонентами екосистеми, ґрунти найповільніше відновлюють свою структуру, властивості та функції після порушення. Не слід забувати, що ґрунтовий покрив є продуктом тривалої і складної історії території та взаємодії ґрунтоутворюючих факторів протягом багатьох століть. Таким чином, у природних процесах сучасні ґрунти є переважно стабільними компонентами біогеоценозу, перебувають у стані рівноваги або поступової гармонії з навколишнім середовищем і «адаптуватися» змінюватися відповідно до природної еволюції довкілля [9, 79, 86, 366, 351, 375].

У зв'язку з наведеними вище даними існує актуальна потреба у вивченні агрофізичних властивостей техноземів у рекультивованих ґрунтових структурах, в проведенні аналізу їх сучасного стану та прогнозуванні еволюції з урахуванням цільового спрямування ґрунтоутворення та особливостей гідротермічних умов та зонального ґрунтового покриву [25, 50, 79, 218, 356, 365, 440].

Вивчення фізичних властивостей техноземів є особливо важливим у посушливих регіонах степової зони України, оскільки фізичні властивості мають значний вплив на контролювання водного режиму ґрунту та забезпечення агроценозів водою. Це пов'язано з тим, що в цих умовах волога є лімітуючим фактором. Фізичні властивості ґрунтів тісно пов'язані з усіма структурними компонентами біогеоценозу [78].

Дослідження Гаврюшенка О. О. [55] показують, що при тривалому сільськогосподарському освоєнні рекультивованих земель спостерігаються зміни щільності складення ґрунту по всьому метровому профілю. Вже з перших років моделювання технозему стартує процес оптимізації цієї важливої властивості ґрунту, причому одночасно можуть відбуватися незалежні процеси ущільнення едафотопного шару за рахунок багаторазового штучного перемішування та розпушення надмірно щільного шару, що утворився під впливом улягання.

У дослідженнях, проведених Буряком Є. О. та Забалуєвим В. О. [41] щодо змін родючості техноземів при тривалому сільськогосподарському використанні рекультивованих залізорудних шламів у степовому регіоні України протягом 38 років (1982–2020 рр.), результати показують, що найбільш прийнятною моделлю сільськогосподарського технозему виявилася структура ґрунту, що складається з трьох компонентів. А саме, шлам спочатку покривається 50-сантиметровим суглинистим шаром, а потім поверх нього розміщується 50-сантиметрова гумусована маса чорнозему звичайного. Цей метод забезпечує такий самий рівень врожайності, як і на непорушених ґрунтах. За період сільськогосподарського використання швидкість накопичення гумусу в шарі 0–50 см зросла до 3,12 % порівняно з початковим вмістом (2,82 %) і до 3,18 % в орному шарі. У шарі лесовидного суглинку (50–100 см) вміст гумусу майже не змінився протягом досліджуваного періоду, як і вміст основних поживних речовин для рослин (азоту, фосфору і калію) у верхньому 50-сантиметровому гумусованому шарі.

Важливим є також моніторинг стану ґрунтів під час рекультивації, їх фізичних та гідрологічних характеристик, які розкривають рівень окультуреності та агроекологічний стан ґрунтового покриву [87, 201]. Для ефективного управління відновлення родючості рекультивованих земель, збереження та відновлення їх продуктивного потенціалу, корегування технологій рекультивації і уведення земель сільськогосподарський обіг необхідно проводити моніторинг за найбільш важливими оціночними показниками [20].

З даними провідних вітчизняних вчених в галузі рекультиваційного відновлення техногеннопорушених земель Демидова О. А., Кобця А. С., Грицана Ю. І., Жукова О. В. [86] встановлено, що у непорушених геологічних складаннях щільність верхніх горизонтів чорнозему звичайного становить 1,0–1,2 г/см³, нижніх – 1,3–1,4 г/см³, лесоподібних суглинків – 1,45–1,59 г/см³, червоно-бурих суглинків – 1,57–1,63 г/см³, червоно-бурої глини – 1,61–1,66 г/см³, зеленувато-сірої глини – 1,65–1,70 г/см³ та глауконітових глин – 1,69–1,73 г/см³. При переміщенні порід у відвали роторними екскаваторами або драглайнами їхня щільність зменшується. Також встановлено, що після створення рекультивованих земель щільність складення субстратів у метровій товщі двоярусного едафотопу змінюється від 1,36 до 1,85 г/см³. На ділянках, сформованих лесоподібними суглинками товщиною 150 см, щільність складення становить 1,37–1,78 г/см³, а червоно-бурої глини цей показник дорівнює 1,56–1,85 г/см³. Ці дані є вихідними для розробки теоретичної бази рекультивації, які передбачають використання надмірно ущільнених порід за рахунок таких напрямків, як розущільнення в процесі підготовки техноземів або змішуванням різних за фізичним станом субстратів, що сприяють суттєвому зниженню їх щільності складення і стабілізації на прийнятному рівні для сільськогосподарських культур.

Забалуєв В. О. [78] зазначав, що гірські субстрати мають різні фізичні властивості, головним чином, завдяки своєму гранулометричному, мінералогічному та хімічному складу. Гірські субстрати з суглинистим або глинистим гранулометричним складом можуть накопичувати і зберігати

достатню кількість вологи для кормових груп сільськогосподарських культур. Не дивлячись на достатньо сприятливі фізичні властивості гірського субстрату для утримання ґрунтової вологи актуальності набуває питання подальшої техногенної розробки вирощування сільськогосподарських культур без врахування яких природні фізичні властивості рекультивованих моделей можуть втрачати свою вологозабезпечувальну здатність. Це одне з головних питань сучасного етапу інноваційного освоєння рекультивованих територій.

В результаті проведених досліджень Гаврюшенка О. О. [54] було зроблено висновки, що найбільш адаптованими до специфічних едафічних умов різних конструкцій техноземів є багаторічні складні бобово-злакові агрофітоценози, які складаються з люцерни посівної, еспарцету піщаного, житняку вузькоколосого та стоколосу безостого. Якщо на початкових етапах освоєння рекультивованих земель вважалося, що пріоритетне положення серед різних сільськогосподарських культур займають багаторічні бобово-злакові агрофітоценози, ефективність яких вже достатньо глибоко вивчена, як з точки екологічної так і з позицій господарювання, продовження тематики оптимізації структурного складу видів сільськогосподарських культур повинно звернутися до більш економічно вигідних культур зернової та кормової групи [367].

Важливу історико-техногенну тему в своїх публікаціях піднімає професор Забалуєв В. О. [360], головною тезою якої є визнання того факту, що багаторічні результати досліджень з вивчення проблем рекультивації промислово-порушених земель можна адаптувати і успішно використовувати в умовах появи нових факторів деградації ґрунтового покриву, які викликані інтенсифікацією та екоцидом внаслідок бойових дій на окремих територіях України. Автор зазначає, що найбільш суттєвими наслідками стихійного лиха для ґрунтів є механічні пошкодження та руйнування ґрунтів унаслідок вибухів, прокладання окопів, передислокація важкої військової техніки, а також довготривале затоплення територій внаслідок підризу дамб, зокрема Каховського водосховища. Поряд з цим наступні екогенні процеси руйнівної сили вже сьогодні заявляють про себе, це виведення з категорії зрошувальних земель площ викличе посилення

агрокліматичних деформацій, погіршення виконання програми продовольчого забезпечення, відновлення соціальних питань пов'язаних з водопостачанням та розробкою програми подальшого використання каховського водосховища.

Отже, накопичений за останні 60 років фонд розробок на вітчизняному та міжнародному рівнях відкриває можливість зробити важливі теоретичні та практичні висновки, які матимуть вплив на подальше використання техногенно деградованих територій внаслідок промислового порушення у зв'язку з видобутком корисних копалин, ведення на території сільськогосподарського призначення і природних ландшафтах бойових дій та малопродуктивних земель з погіршеними агрофізичними властивостями в процесі їх інтенсивної експлуатації.

Висновки до розділу 1

Аналіз публікацій свідчить проте, що землеробство сучасності є продуктом ринкових відносин, які відбуваються в економіці України і посилення ролі зовнішньо економічних причин, а також наслідком традицій, що склалися протягом багатьох попередніх десятирічь.

З іншого боку виявлено, трансформація клімату в бік потепління і посилення прояву посушливих явищ вже очевидно пред'являє нові вимоги до систем сівозмін, обробітку ґрунту, сільськогосподарських культур, засобів виробництва та захисту рослин, сортів та гібридів. Розвиток ситуації неухильно веде до посилення гостроти проблеми ефективного використання природних ресурсів степової зони України, оптимального їх розподілу між сільськогосподарськими культурами, пошуку енерго та вологозберігаючих технологічних прийомів.

Встановлено, що потужну конструкцію аграрного сектору економіки можна звести тільки на міцному фундаменті, яким є землеробство з його основними елементами – сівозмінами, обробітком ґрунту. Сподіваючись на миттєвий результат, слід завжди пам'ятати, що зруйнована науковообґрунтована

система в землеробстві обов'язково негативно позначиться і на одномоментному результаті у вирощуванні урожаю.

Разом з тим, очевидним проявляється питання необхідності практичної реалізації еколого-біологічного основ землеробства за системного формування природно-техногенних комплексів важливим є теоретичне обґрунтування таких організаційних і технологічних позицій як структура посівних площ, сівозмінної ротації способів обробітку ґрунту, формування фітоценотично стійких посівів сільськогосподарських культур, а також специфіки застосування агротехнологій на рекультивованих землях.

РОЗДІЛ 2

ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Оптимізація сільськогосподарського виробництва багато в чому залежить від природних умов відповідного регіону. При цьому виробники продукції рільництва не повинні повністю покладатися на природні фактори. Необхідно створити систему агротехнічних заходів для подолання несприятливих явищ, стимулювання росту та розвитку рослин, зниження небезпеки посухи, накопичення водних ресурсів, подолання водної та вітрової ерозії ґрунтів. Ґрунтово-кліматичні особливості істотно впливають на ріст, розвиток та показники врожайності ярих і озимих культур, а також на строки проведення польових робіт і продуктивність сільськогосподарських машин. Для раціонального використання продуктивного потенціалу сучасних сортів і гібридів необхідна експертна оцінка ґрунтово-кліматичних ресурсів конкретного регіону. Їх недооцінка може призвести до погіршення систем землеробства, до недостатнього добору врожаю, підвищення вартості окремих технологічних операцій.

2.1. Ґрунтова характеристика техногенних та культурних територій

Дослідження за темою дисертаційної роботи проводили в умовах навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету (с. Олександрівка, Дніпровський район, Дніпропетровська область), польового стаціонару Державної установи Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України (с. Василівка, Дніпровський район, Дніпропетровська область), науково-дослідної станції з рекультивації земель Дніпровського державного аграрно-економічного університету (створена у 1968–1970 рр. на зовнішньому відвалі марганцевого кар'єру поблизу м. Покров Нікопольського району Дніпропетровської області), а також в фермерських

господарствах Дніпропетровської, Кіровоградської та Харківської областях. За прийнятим агрокліматичним розподілом територія проведення досліджень відноситься до степової зони України з критичними показниками вологозабезпечення [93, 107, 194, 203, 215, 237, 249, 357, 415].

Клімат степової зони України характеризується значними змінами температури повітря, кількості атмосферних опадів, що випадають за місяць і рік, і нерівномірним розподілом цих опадів протягом вегетаційного сезону рослин. Клімат Дніпропетровської області переважно континентальний з недостатнім і нестійким вологозабезпеченням. У квітні-жовтні випадає 60 % загальної кількості опадів, у тому числі 30–40 % у теплі літні місяці. Найбільш стабільно опади випадають в осінньо-зимовий період, вони відіграють значну роль у накопиченні доступної вологи ґрунту. Крім того, висока температура і низька вологість повітря призводять до того, що в ґрунті багато вологи, яка випаровується. Сухі швидкі вітри швидкістю 12–24 метрів реєструються кожні 17–22 доби, що знижує продуктивність сільського господарства приблизно на 15–18 % щорічно. Зимовий період в підзоні характеризується з недостатньою кількістю снігу, частими глибокими відлигами при підвищенні температури до 7–12°C [3–6, 10, 112, 200, 341].

Одним з унікальних критеріїв весни є значне підвищення температури, це викликано посиленням виділенням тепла з ґрунту, що призводить до середньої температури 11–13°C в опівдні вже в квітня. Літо жарке і безхмарне. У літній та осінній періоди звичайні тривалі періоди без опадів і в цей період вологість ґрунту знижується до рівня недоступної вологи ґрунту для рослин. А вже осінній період характеризується збільшенням похмурих днів, нічними заморозками, значним зниженням температури [4, 6, 200].

Ґрунтоутворюючими породами в степовій зоні України є леси, які відносяться за гранулометричним складом до важкосуглинкових та середньосуглинкових, а в деяких місцях легкосуглинкових материнських порід. Ґрунтовий покрив в північній частині в основному представлений чорноземами звичайними, а в південній чорноземами південними та каштановими ґрунтами

біля Чорного і Азовського морів. Чорноземи звичайні в Степу займають найбільшу площу, які сформувалися під типчаково-ковиловою рослинністю і становлять 10,4 млн га. По мірі посилення посушливого клімату в південній підзоні Степу під впливом кострицево-ковилової рослинності сформувалися чорноземи південні та темно-каштанові ґрунту на лесовій, червоно-бурій та інших материнських породах і площа їх становить 4,3 млн га [1, 16, 18, 21, 82, 323, 387].

Геологічна структура степового регіону характеризується широким спектром корисних копалин таких, як залізна руда, марганець. Видобуток яких неминуче призвів до неконтрольованого виведення з аграрної сфери родючих ґрунтів сільськогосподарського призначення. Такий напрямок промислової діяльності призвів до значного розширення рекультивованих земель та техногенних пустель, які в історичному розвитку на даний момент досягли близько 350 тис. га. Такі композиційні техноземи представлені, як правило лесоподібними суглинками, червоно-бурими глинами, сіро-зеленими мергелястими глинами, а також чорноземами звичайними, південними та темно-каштановими з характерними фізико-механічними і агрохімічними властивостями [1, 7, 9, 12, 27, 88, 119, 218, 320, 364, 467, 359].

Степова зона України включає в себе також еродовані ґрунти, які, на відміну від повнопрофільних, характеризуються меншою потужністю ґрунтового профілю, низьким вмістом гумусу, обмінних катіонів, гіршими фізичними та агрохімічними властивостями [12, 15, 20, 178, 251, 273, 296].

Польовий стаціонар Державної установи Інститут зернових культур НААН України (додаток А.5.–А.10), на базі якого виконувалася частина експериментальної роботи, розташований в південно-східній частині Придніпровської височини (130 м над рівнем моря). За ґрунтово-кліматичними характеристиками ця територія відноситься до північної підзони Степу України. Клімат локації польового стаціонару відповідає помірно-континентальному з недостатнім та нестійким зволоженням. За багаторічними спостереженнями Дніпровської метеорологічної станції, середньорічна температура повітря

складає 8,9 °С, а середньобогаторічна сума опадів – 468 мм. Атмосферні опади (близько 70 % річної суми) надходять переважно в теплий період року (вегетаційний сезон), але в цей час переважають дощі зливового характеру, що значно знижує їх ефективність. В літні місяці відносна вологість повітря низька, а температура висока, що призводить до високооб'ємного споживання води на випаровування. В роки проведення досліджень погодні умови суттєво відрізнялися від середніх багаторічних показників: підвищеним температурним режимом, проявом посухи, зниженням кількості атмосферних опадів у теплий період, особливо влітку та на початку осені, а також більш високою відносною вологістю повітря впродовж весняно-літнього періоду. Загальна річна сума активних температур (вище 10°C) на території дослідної ділянки становить 2900–3000 °С, а безморозний період триває 160–170 днів, що є оптимальним для вирощування більшості польових культур.

Грунтоутворюючою породою в районі проведення досліджень є буровато-палеві леси, відносно рихлі, карбонатні. Грунтовий покрив дослідної ділянки польового стаціонару представлений чорноземом звичайним малогумусним повнопрофільним середньосуглинковим механічним складом [71, 353, 389, 362].

Вміст гумусу в 30-ти сантиметровому шарі дорівнює 4,2 %, в більш глибоких шарах ґрунту цей показник родючості ґрунту поступово знижується. Загальна потужність гумусового горизонту цих ґрунтів варіює в межах 75–85 см. Запаси гумусу в орному шарі (0–30 см) складають 154,8 т/га [95, 231, 353, 422].

Вміст валового азоту в орному шарі становить 0,23 %, в більш глибоких шарах ґрунту його кількість поступово зменшується. Співвідношення вуглецю до азоту коливається в межах 11,4–11,6. Показники нітрифікаційної здатності чорнозему звичайного досягають своїх максимальних значень в орному шарі (0–30 см) до 17–20 мг/кг [95, 231, 353].

Валовий вміст фосфору в межах орного шару (0–30 см) однорідний і дорівнює – 0,12%. Рухомого фосфору (за Чириковим) в 30-ти сантиметровому шарі ґрунту достатня кількість в межах 130–140 мг/кг. Обмінного калію (K_2O) за Бровкиною на дослідній ділянці 250–280 мг/кг [46, 95, 231, 353].

Реакція ґрунтового розчину гумусового горизонту дослідної ділянки до нейтральної водної суспензії – 6,85, перехідного горизонту була слаболужною – 7,20–7,95. З глибиною рН ґрунту постійно збільшується. Залягання ґрунтових вод на польовому стаціонарі відбувається на глибині 8–12 м [95, 353].

Завдяки відміченим фізико-хімічним властивостям ґрунти дослідної ділянки відрізняються високою родючістю і мають підвищену біологічну активність, що, в свою чергу, проявляється на динаміці елементів живлення в період вегетації рослин (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Агрофізичні показники ґрунту польового стаціонару ДУ ІЗК НААН
(за даними Ю. Є. Кізякова, М. В. Гниненка) [145]

Показники	Горизонти			
	Н	Нр	Phk	Pk
Залягання ґрунтового горизонту, см	0–40	41–80	81–128	129–500
Об’ємна маса, г/см ³	1,21	1,33	1,45	1,35
Питома маса, г/см ³	2,65	2,67	2,69	2,73
Загальна пористість, %	54,4	50,2	46,2	50,9
Вологість розриву капілярного зв’язку, %	16,7	15,8	14,0	13,7
Максимальна гігроскопічність, %	8,45	8,21	8,42	8,30

Польові дослідження, які проводилися на науково-дослідному полі Навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету (додаток А.1–А.4) за природньо-географічним районуванням представлені чорноземом звичайним малогумусним середньосуглинковий на лесовій материнській породі з вмістом гумусу в орному шарі від 3,2 до 3,4 % (за Тюрнім). Потужність гумусового горизонту на дослідному полі сягає 54–58 см і має однорідне забарвлення. Глибина залягання

грунтових вод – від 7 до 10 м. Реакція ґрунтового розчину нейтральна, рН сольової витяжки – 6,9–7,0, ємність поглинання в орному шарі – 21,2–25,6 мг-екв. на 100 г ґрунту (за Гедройцем). Середньорічна кількість опадів складає 511 мм. Середньорічна температура повітря +8,5 °С. За середніми багаторічними даними тривалість безморозного періоду становить 174 доби. Ґрунти дослідної ділянки належним чином забезпечені рухомими формами азоту, фосфору та калію. Вміст азоту, що легко гідролізується (за Тюріним) – 3,2–4,9 мг, рухомого фосфору (за Чириковим) – 20,1–22,4 мг і обмінного калію (за Бровкіною) – 17,1–19,9 мг на 100 г сухого ґрунту [59, 85, 166, 353].

Вологість стійкого в'янення рослин (ВСВ) по всьому профілю ґрунту від 0 до 150 см в межах 11,9–12,2 %. Недоступної вологи (при ВСВ) в 1,5-метровому шарі – 209,1 мм, а в шарі 0–50 см – 63,1 мм. Найменша (польова) вологоємність (НВ) по профілю до 150 см коливається в межах від 22,4 до 26,9 %. В 1,5-метровій товщі при вологості, яка відповідає НВ, вміщується вологи 468,2 мм. В зв'язку з цим розрахунковий діапазон активної вологи при НВ в шарі 0–150 см виявляється рівним 256,9 мм. При цьому гідротермічні та ґрунтові характеристики території, де проводились польові дослідження знаходились в межах тих показників, які є типовими для степової зони [353].

Частину експериментальних досліджень було виконано на **науково-дослідній станції з рекультивації земель Дніпровського державного аграрно-економічного університету** (додаток А.11–А.14), яка територіально розміщена на зовнішньому відвалі марганцевого кар'єру поблизу м. Покров Нікопольського району Дніпропетровської області. Основними кліматичними характеристиками району польових досліджень є недостатня кількість опадів і достатня кількість тепла і світла в період вегетації рослин. Клімат в районі, де проводилися дослідження, помірно теплий і часто посушливий. За цими спостереженнями середньорічна температура повітря становить +9,7 °С. Найхолодніший зимовий місяць січень із середньомісячною температурою повітря 5,9 °С, мінімальною -23,1 °С. За середньобагаторічними статистичними даними тривалість безморозного періоду становить 187 діб [6, 54, 367].

Середня тривалість вегетаційного періоду становить 207 днів (квітень-листопад). У квітні відносна вологість повітря сягає 75 %. З травня по серпень відносна вологість повітря спочатку знижується, а потім зростає, досягнувши в листопаді 92 %. З квітня по вересень найбільше днів з відносною вологістю повітря нижче 30 %. На дослідних ділянках станції середньорічний гідротермічний коефіцієнт за Г. Т. Селяніновим становить в межах 0,6–0,8.

Територіально дослідна станція з рекультивації земель розташована в зоні чорноземів південних. Вміст гумусу в ґрунтах в середньому становить 3,5–3,9%. Потужність гумусового горизонту становить 32–37 см, гумусований профіль – 60–69 см. Орний шар (0–30 см) чорнозему південного містить легкогідролізованого азоту (за Тюріним) – 5,9–8,7, рухомого фосфору (за Чириковим) – 11–13, обмінного калію (за Чириковим) – 15,0–24,7 мг в 100 г ґрунту. Реакція ґрунтового розчину нейтральна, рН сольової витяжки – 6,9–7,0, ємність поглинання в орному шарі – 29,2–29,9 мг-екв. на 100 г ґрунту (за Гедройцем). Середньорічна кількість опадів складає 412 мм. Гранулометричний склад чорноземів південних важкосуглинковий [3, 9, 50, 54, 366, 375].

Загалом ґрунтово-кліматичні умови дослідних ділянок мають характерні для степової зони України та придатні для вирощування зернових, зернобобових, олійних і отримання врожаю високоякісного зерна.

2.2. Погодно-кліматичні умови зони та особливості гідротермічної ситуації в роки досліджень

В зоні Степу своєчасні і в достатній кількості опади значною мірою обумовлюють величину урожаю сільськогосподарських культур. Гідротермічні умови у зоні проведення дослідів характеризуються як складні, з нерівномірним розподілом елементів погоди в часі та просторі (додатки Б.1–Б.11). Основними обмежувальними факторами кліматичних ресурсів для степової зони виступає волога і тепло, тому що фізіологічно активна радіація не лімітує вирощування високих врожаїв зернових і олійних культур (рис. 2.1).

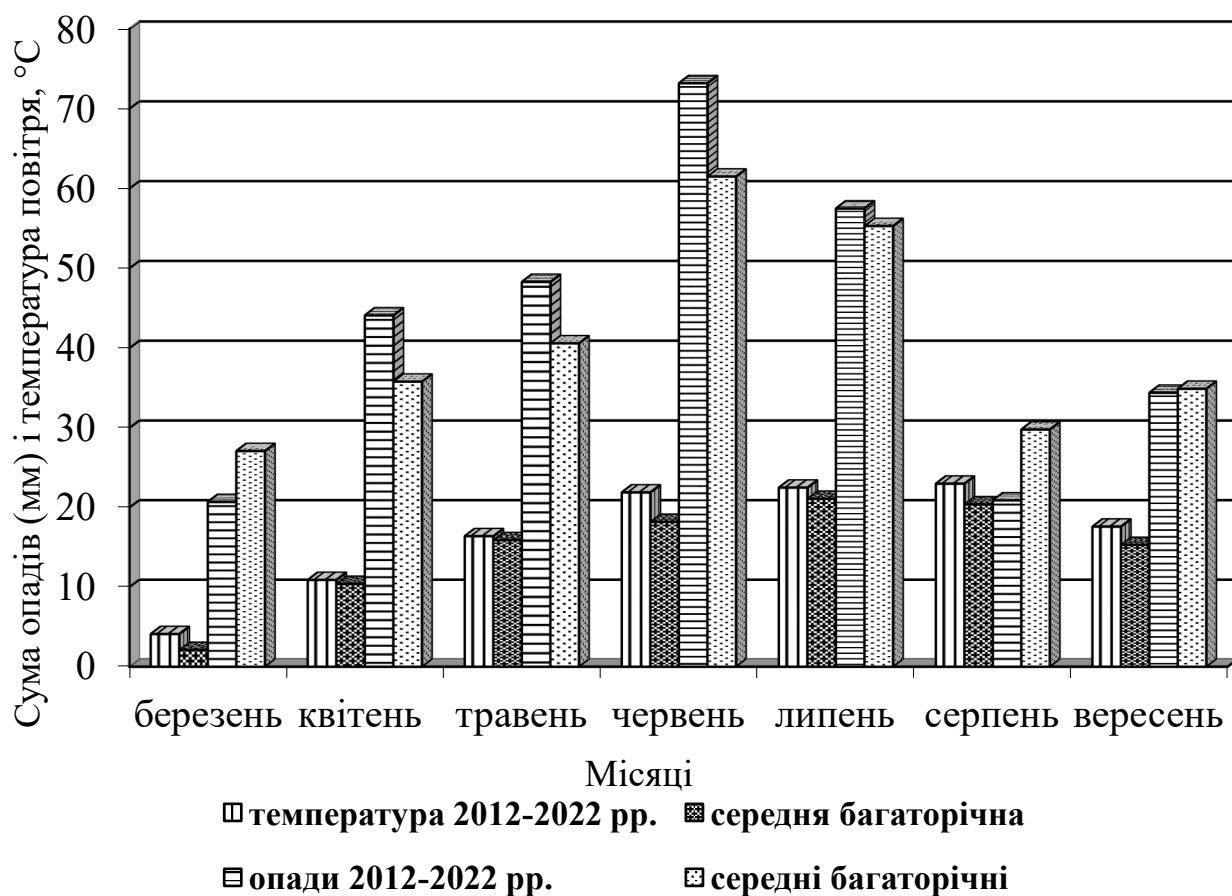


Рис. 2.1. Температурні показники і сума опадів в середньому по роках і за багаторічними даними

2012 р. Погодні умови характеризували показово різкі коливання плюсових і мінусових температур повітря, що стримувало прогрівання ґрунту і обумовило деякі відтермінування початку весняно-польових робіт. Агromетeоролoгiчнi умови для вегетaцiї озимих та ярих зернових у весняно-лiтнiй перiод через посуху склалися вкрай несприятливі. У рослин спостерігалось передчасне пожовтіння листків, формувалися слабкі репродуктивні органи у озимих культур. Надзвичайно посушлива погода спостерігалася в третій декаді квітня, перший і другий декади травня, коли відхилення від середньо багаторічних величин коливалося плюс 6,8–8,0 °C, а відносна вологість повітря в окремі години знижувалася до 17–20 %. Швидке зневоднення посівного та орного шарів ґрунту спричинило затримку сходів, зрідженість посівів і гальмування ростових процесів усіх без винятку польових

культур. Наприкінці другої декади червня зерно пшениці озимої досягло воскової, а в кінці червня – повної стиглості, це на два тижні раніше звичайних строків. Аномально жаркими видалися червень та липень. Висока середньодобова температура 23–27 °С при нормі 19–21 °С за незначних (30 % від норми) опадів обумовили повітряно-грунтову посуху, яка співпала з критичним періодом водоспоживання кукурудзи та соняшника. Дана метеорологічна ситуація негативно впливала на пилюкування і запліднення рослин, формування і налив зерна. За рівнем фактичної продуктивності посівів 2012 рік можна вважати вкрай несприятливим для вирощування озимих, так і ярих культур.

2013 р. Для березня показово різкі коливання плюсових і мінусових температур повітря, що стримувало прогрівання ґрунту і настання його фізичної стиглості, посушлива погода спостерігалася у квітні-травні, коли відхилення від середньої багаторічних величин досягало +3,7–5,4 °С, а відносна вологість повітря в окремі години знижувалася до 20–21 %. Весняні запаси вологи в метровому шарі ґрунту склали 165–185 мм залежно від попередників і обробітку ґрунту. Швидке зневоднення орного шару ґрунту спричинило гальмування ростових процесів ранніх зернових колосових і зернобобових культур. За період вегетації випало 112–126 мм опадів, що дещо менше норми. В травні їх було 21,7 мм, червні – 24,2 мм, липні – 40, серпні – 29,3 мм. Температура повітря була оптимальною і складала відповідно місяцям так: +19,6–25,6 °С; +20,0–24,5 °С; +19,7–24,1 °С та +21,1 і +24,9 °С. Упродовж квітня-травня недобір опадів становить 52 мм. Помірний температурний режим був характерний для літнього періоду 2013 року. Жаркою виявилися лише третя декада червня, коли середньодобова температура повітря перевищувала багаторічну норму на 4 °С. Отриманню порівняно високої урожайності просапних культур сприяло також випадання близько 30 мм опадів в перші декади липня, що співпадало з критичними періодами вологого споживання у кукурудзи та соняшника.

Весна **2014 р.** була теплішою порівняно з багаторічними даними, зокрема, в травні на +3,9 °С, але в той же час опадів у квітні і травні випало на 12,3 і

34,9 мм більше відносно багаторічних показників. Такі погодні умови сприяли хорошему росту і розвитку як ранніх, так і пізніх сільськогосподарських культур.

За гідротермічними показниками літні місяці 2014 р. різнилися між собою. Червень, відносно багаторічних даних, був холоднішим на 0,5 °С, але з більшою кількістю опадів – на 38,3 мм. У той же час, липень і серпень були теплішими відносно багаторічних даних на 0,5 і 2,3 °С, а опадів випало менше на 27,0 і 11,2 мм, відповідно. При цьому, частина опадів була малоефективною. Формування врожаю озимих, ранніх зернових і зернобобових культур пройшло більш в комфортних умовах, ніж для соняшнику.

2015 рік відмічався високим температурним режимом впродовж вегетації соняшника та недостатнім рівнем зволоження (в порівнянні з нормою). Так, починаючи з кінця квітня спостерігався стрімкий ріст добових температур, якщо у травні середньомісячна температура повітря перевищувала норму на 0,3 °С, то вже у червні ця різниця становила 1,7 °С. Затяжні опади, які були зафіксовані у І-ІІ декадах квітня та у І декаді травня посприяли своєчасному отриманню дружніх сходів соняшника. Подальші літні опади, хоч й були зливного характер, забезпечили необхідною кількістю вологи вегетуючі рослини, надавши їм можливість повноцінно розвиватися та сформувати генеративні органи. Так, за літній період кількість зафіксованих опадів становила 130,8 мм, що на 21,2 мм менше від норми. Середньомісячні показники температури повітря перевищували норму на 1,7 °С, 1,0 °С та 2,2 °С, відповідно до місяця.

Починаючи з другої половини серпня спостерігалася суха та тепла погода. Так за вересень випало лише 0,6 мм опадів, проти 36,0 мм середньобагаторічної норми, при цьому температура повітря була вищою на 2,2 °С. Такі погодні умови дали можливість дозріти соняшнику та зібрати аграріям врожай ще до початку осінніх опадів.

2016 рік. Гідротермічні умови формування врожаю в 2016 р. виявилися позитивно екстремальними і внесли суттєві зміни в уявлення про залежність врожаю від фазового стану рослин і динаміки гідротермічних показників. Унікальність ситуації полягала в тому, що приречені на загибель в стані шилець

посіви пшениці озимої завдяки м'якій зимі і зволоженій весні забезпечили достатньо високий урожай зерна 3,5 т/га по соняшнику і 6,5 т/га по чорному пару.

Після 80 добової посухи осіннього періоду (з 15.08 по 15.11) сходи озимих культур всіх строків сівби з'явилися на початку грудня. Проте, відсутність загрози вимерзання, часті зимові відлиги і надраннє відновлення весняної вегетації (25.02–03.03) дозволили зберегти нормативну густоту посівів і перспективи одержання урожаю.

За тривалої помірної за температурою і вологістю весни озима пшениця пройшла фазу кущення і досягла початку трубкування 30.04–05.05. Важливо, що у фазі максимальних темпів вологоспоживання і накопичення біомаси в травні опади становили 76–85 мм, які забезпечили нормальний водний режим до завершення вегетації і формування повної стиглості зерна.

Сприятливий гідротермічний режим (ГТК 1,16) позитивно вплинув на формування урожайності ранніх зернових культур: ячмінь – 4,7 т/га, горох 4,3 т/га.

Для пізніх культур (кукурудза) оптимальні температури для сівби склалися 10.04 в поєднанні з достатнім запасом вологи в 1,5 м шарі ґрунту 195 мм. Такий водний режим забезпечив бездефіцитний рівень вологозабезпеченості до початку запліднення качана і середини фази максимального вологоспоживання. В цілому кукурудза сформувала значну біомасу, що, з одного боку, викликало споживання значної кількості води з ґрунту, а з іншого, підтримало процеси формування зерна за рахунок розподілу пластичних речовин. Дефіцит вологи став відчутним при вологості зерна 45 %, коли розпочалося інтенсивне висихання листків. Не дивлячись на неоднорідність гідротермічних показників протягом вегетації зернова продуктивність кукурудзи становила 7,6 т/га.

2017 рік. Осінній період попереднього року виявився достатньо сприятливим для одержання сходів озимих культур і досягнення оптимального фазового стану перед входженням в зимівлю. Стабільне зволоження посівного шару було відмічене на початку жовтня, що дало можливість досягти фази 2–3 пагони перед входженням в стадію біологічного спокою.

Найбільш екстремальною погодною ознакою були інтенсивні снігопади (18–20.04), коли кількість вологи досягла 93 мм і протягом 3 діб зберігалися морози 3–5 °С. При цьому вегетуючі рослини озимих і ранніх ярих культур проявили стійкість і не постраждали від низьких температур.

В подальшому до початку формування зерна спостерігалася дощова пауза, яка викликала зниження урожайності озимих на 20%, а ранніх ярих зернових на 30% порівняно з минулим 2016 р.

Режим зволоження кукурудзи також утримував рослину в стані обмеження водоспоживання до стадії молочно-воскового стану з проявами завчасного висихання листків. Опади 29–30.07 інтенсивністю 50 мм, які покращили формування зерна і сприяли одержанню 7,2 т/га урожаю. Завершення вегетації кукурудзи проходили під впливом високих температур 30–33 °С, що забезпечило повну стиглість зерна після 20.08.

2018 рік. За рівнем вологозабезпеченості для сівби пшениці озимої під урожай 2018 осінній період за останні роки виявився найбільш сприятливим за запасами вологи в орному шарі протягом посівного періоду становили 32–40 мм, що забезпечило (09–10.10) одержання повноцінних сходів озимини. Друга половина зими і дві декади березня відрізнялися стійким сніговим покривом із запасами вологи 104 мм. Достатньо пізнє відновлення вегетації для сучасного клімату (20.03) перейшло в інтенсивний набір ефективних температур, які перевищували норму на 18 % до формування зерна пшениці.

При достатніх запасах вологи в 100 см шарі ґрунту на момент відновлення вегетації 163 мм відсутність ефективних опадів вже в квітні викликала різке зневоднення орного шару (14 мм) і утворення щілин у твердому ґрунті. Агрономічно коректні дощі 15 мм пройшли у фазі молочної стиглості зерна за наявності 3–4 зелених листків.

В найбільш не вигідній ситуації опинилися ранні ярі культури, вегетація яких практично повністю співпала з дефіцитом опадів. За таких гідротермічних умов врожайність зерна ярого ячменю становило 2,5 т/га гороху 2,1 т/га.

Біологічні ритми кукурудзи також відрізнялися нерівномірним розподілом темпів росту і розвитку на першому етапі вегетації до настання фази цвітіння, органічна маса культури формувалася за рахунок ґрунтових запасів вологи, тому спостерігалася депресія ростових процесів.

Адаптивні ресурси кукурудзи в повній мірі проявилися в період максимального водоспоживання (початок формування зерна, середина липня), коли за короткий проміжок часу випало 112 мм дощів. Це радикально прискорило темпи росту і накопичення органічної маси в цілому у рослинах і зерні. За таких умов при незначних біометричних параметрах рослин сформувались повноцінні за розмірами і вагою качани з урожайністю 6,2 т/га зерна.

2019 рік. Початок вегетаційного циклу під урожай 2019 року розпочався із сівби пшениці озимої восени 2018 року і співпав з достатньо сприятливими погодними умовами, коли на початку оптимальних строків сівби (10–15.IX) випало 49 мм дощів. Це забезпечило оптимальні умови зволоження ґрунту і одержання дружних сходів пшениці озимої до завершення осінньої посівної кампанії.

Зимовий період характеризувався підвищеними температурами на 1,7 °С та рівнем вологозабезпечення 153 мм. Такі гідротермічні умови сприяли утворенню стійкого снігового покриву до 15–25 см, уникненню промерзання ґрунту протягом 65% зимового періоду, незначній мінімальній температурі (-3,8 °С) на глибині залягання вузла кущення. Відсутність кріогенних ударів і температурних ризиків сприяли збереженню високої життєздатності рослин пшениці до відновлення весняної вегетації, яка настала 05 березня.

Запаси ґрунтової вологи на цей час зберігалися на рівні багаторічних (147 мм) і інтенсивно знижувались внаслідок відсутності опадів в березні.

Найбільш сприятливі гідротермічні умови для розвитку озимих і ярих культур склалися в період квітень – травень. Запаси доступної вологи в ґрунті на початок сівби ячменю ярого і кукурудзи на зерно становили в 0–100 см шарі 139–146 мм і сприяли одержанню дружних і своєчасних сходів. Сприятливий водний

режим підтримувався завдяки опадам, які достатньо рівномірно розподілилися протягом цих місяців (квітень – травень) і сумарно досягли 92 мм. В поєднанні з тепловим режимом, який перевищував багаторічну норму на 2,2–2,7 °С, метеорологічні умови сприяли стрімкому росту і розвитку всіх культур сівозміни. Проходження окремих фаз розвитку озимої пшениці – вихід в трубку, колосіння, цвітіння – випереджало нормативні показники на 7–10 діб. Під час наливу зерна у пшениці озимої за відсутності опадів і високих температур рослини до завершення формування зерна знаходились під впливом посушливих явищ.

Кукурудза протягом перших 40 діб вегетації досягла висоти 163 см, мала 12–13 листків і набрала значну біологічну масу. В цей період щодобовий лінійний приріст рослин досягав 4,5–5,8 см. Проте, на момент досягнення фази викидання волоті рослини відчували значний дефіцит вологозабезпеченості і реагували підсиханням нижніх листків. Склалася ситуація, коли дефіцит вологи частково співпав з періодом максимального вологоспоживання кукурудзи. У фазі початку формування качана (2, 3, 6 червня) умови вологозабезпечення суттєво покращились внаслідок випадіння дощів 43 мм і зниження денних температур до 24–27 °С. Загалом така гідротермічна ситуація відіграла позитивну роль у нормалізації пилоутворення і запліднення приймочок, а також призупинило процеси відмирання листків і продовжило функціонування асимілятивного апарату. На фоні значної біомаси кукурудзи та інтенсивного вологоспоживання дощі, що пройшли, значно підтримали одержання високого урожаю зерна кукурудзи. За аналогічним метеорологічним і органогенетичним сценарієм розвивався соняшник, який на кінець червня досяг фази цвітіння при достатньо високих біометричних показниках (висота 186 см).

На момент критичного зниження запасів доступної вологи в ґрунті у фазі формування зерна кукурудзи і соняшника, які знизилися до 57–68 мм в 0–150 см шарі ґрунту (початок серпня), позитивну роль відіграли інтенсивні опади 41 мм.

Завдяки наявності у рослин на цей час 65 % функціональних листків спостерігалось відновлення фізіологічних акумулятивних процесів щодо

накопичення маси урожаю. В цілому поповнення вологозапасів дозволило стримувати прояви посушливої частини вегетаційного періоду протягом серпня, коли встановився тривалий антициклон з підвищеними температурами 28–32 °С. Передзбиральна готовність зерна кукурудзи 14–16 % настала 5 вересня, а соняшника 7–9 % 10 вересня.

Таким чином, культури сівозміни, не дивлячись на значну неоднозначність вегетаційного періоду, ефективно використали гідротермічні ресурси і забезпечили високу зернову продуктивність на рівні 5–6 т/га на прикладі кукурудзи і пшениці озимої.

2020 р. Погодні умови зими і весни 2019–2020 рр. були унікальними і рідкісними. Протягом цього зимового періоду вегетація озимих культур припинялась лише частково внаслідок того, що протягом майже всієї зими температура повітря була аномально високою. Тому рослини не мали абсолютного біологічного спокою, а продовжували повільно розвиватися. Якщо в III декаді листопада озима пшениця досягла фази 1 пагону, то вже в I декаді березня 3 пагони з лінійним приростом за зиму 8–10 см. Протягом зимового періоду ґрунт знаходився в замерзлому стані лише 7–9 діб на початку грудня. Це сприяло достатньо активній акумуляції зимових опадів, про що свідчать запаси доступної вологи в шарі ґрунту 0–100 см, які в другій половині січня досягли на різних фонах зябу 145–158 мм.

Вихід в трубку озимої пшениці за оптимальних строків сівби настав в кінці березня, що на 25 діб раніше багаторічної норми. Набір суми ефективних температур відбувався на фоні від 0 до +6 °С нічних температур та +12–15 °С денних.

Важливим етапом у формуванні урожаю стало суттєве покращення вологозабезпеченості протягом 28 травня – 25 червня, коли при достатньо рівномірному розподілі дощів сумарні опади склали 106 мм. Це суттєво прискорило лінійний приріст і темпи формування біомаси пшениці, ячменю, кукурудзи і соняшника. Цей вегетаційний відрізок характеризувався також

помірної температурою від 18 до 27 °С та підвищеною вологістю повітря, що є достатньо рідкісним явищем в Степу.

Станом на 30 червня у кукурудзи спостерігався початок викидання волоті, у сояшника – фаза початку бутонізації, у пшениці озимої – кінець молочно-воскової стиглості.

Таким чином, погодні умови першої половини 2020 р. характеризувались трьома яскраво вираженими періодами: зимовий – теплий, з відсутністю тривалого промерзання ґрунту, весняний – з прохолодним температурним режимом і забезпеченістю опадами на 57 % від багаторічної норми і літній з достатньою вологозабезпеченістю та сприятливими температурами повітря.

В кінці червня встановилися високі температури повітря, які досягали 33–36 °С. Різкий перехід від сприятливого вологозабезпечення у фазі молочно-воскової стиглості зерна озимої пшениці до критичних температур на завершенні дозрівання зерна викликав появу часткової його щуплості та до зниження очікуваної урожайності на 5–10 %. В цей же період почало проявлятися водне голодування кукурудзи і сояшника, які перейшли у фазу найбільш активного вологоспоживання. Завдяки дощам 36 мм в I декаді липня та переходу на більш помірні денні температури 24–27 °С агробіологічні умови росту і розвитку пізніх культур суттєво покращились. Нічні температури в межах 15–19 °С сприяли ефективному заплідненню і формуванню виповненого кошика і качана. Запаси вологи в 0–100 см шарі ґрунту в II декаді липня після збирання озимих культур в залишковому варіанті становили 35–42 мм, а в посівах кукурудзи і сояшника 37–48 мм, що поставило в повну залежність урожай від атмосферних опадів.

На відміну від попередніх років дозрівання пізніх культур проходило повільніше, ніж в попередні роки. На 1 вересня вологість зерна кукурудзи була підвищеною і становила 28–32 % при наявності 10–12 функціональних листків, а насіння сояшника мало вологість 10–16 %. Показники вологості кукурудзи, сояшника наблизились до стандартних кондицій лише до середини вересня.

Запаси доступної вологи після завершення вегетації пізніх культур зневоднилися до рівня, який відповідав межі мертвого запасу, в той час як в чорному пару доступна волога становила в 0–100 см шарі 167 мм.

2021 р. Весна розпочалася в останніх числах лютого, дещо раніше звичайного, і видалася прохолодною та вологою. Протягом сезону переважав знижений або близький до норми температурний режим. Лише в перших двох декадах березня він був вищий за норму на 2 °С. Максимальна температура повітря відмічалася в найтепліші дні в першій декаді травня й досягала 25 °С тепла. Поверхня ґрунту в цей час нагрівалася до 34 °С тепла.

Стійкий перехід середньодобової температури повітря через +5 °С до підвищення, що в агрометеорології означає початок вегетаційного періоду, відмічено 27 березня, у строки, близькі до середніх багаторічних, а через +10 °С – в останніх числах квітня, це означає початок вегетації теплолюбних культур. За кліматичними даними це звичайно відбувається в період 15 квітня. Мінімальна температура повітря за сезон в другій декаді березня знижувалася здебільшого до 10 °С морозу. Останні весняні заморозки в повітрі відмічалися наприкінці першої декади травня інтенсивністю: у повітрі 0–1 °С морозу, на поверхні ґрунту та на висоті 2 см від поверхні ґрунту 2 °С морозу. Середня температура повітря за сезон виявилася близькою до середньої багаторічної й становила 6 °С тепла.

Навесні переважали опади у вигляді дощу. Сума опадів за сезон становила 115 мм (120 % норми). Дуже вологою виявилася друга декада квітня – випало 25 мм опадів, або 192 % декадної норми. Найбільш сухою була перша декада березня: кількість опадів у середньому по області становила 8 мм, або 78 % декадної норми.

Весна закінчилася в середині травня, у строки, близькі до кліматичних, і тривала 77 днів (за звичайної тривалості 75 днів). Метеорологічне літо настало 14 травня, зі стійким переходом середньодобової температури повітря через +15 °С. За кліматичними даними це відбувається 15 травня. Літо видалось незвичайно вологим.

Протягом літнього сезону стійко переважав підвищений (на 2 °С вищий за норму) та близький до норми температурний режим. Лише в першій декаді червня та першій декаді вересня він був на 2 °С нижчий від середнього багаторічного. Аномально теплими виявились третя декада червня та друга декада липня. Максимум температури повітря за весь літній період спостерігався в другій декаді липня (35 °С тепла). Поверхня ґрунту нагрівалась до 65 °С тепла.

Мінімальна температура за сезон у повітрі та на поверхні ґрунту вночі спостерігалась в першій декаді вересня – до 2 °С тепла, на висоті 2 см від поверхні ґрунту спостерігалися заморозки інтенсивністю 0 мінус 3 °С.

Середня температура повітря за літній сезон виявилася близькою до середньої багаторічної й становила 21,5 °С тепла. Загалом за літній сезон сума опадів становила 380 мм. Стійкий перехід середньої температури повітря через +15 °С до зниження, що в метеорології визначає початок осені, відбувся у звичайні строки – 20 вересня. Літо продовжувалося 129 днів, зазвичай воно триває 126 днів. Стійкий перехід середньої добової температури повітря через +10 °С в бік зниження, що визначає кінець вегетаційного періоду кукурудзи, відбувся 6 жовтня. За кліматичними даними це відбувається звичайно 7 жовтня. Стійкий перехід середньої добової температури повітря через +5 °С в бік зниження, що в агрометеорології визначає кінець вегетаційного періоду, відбувся 12 листопада, або на тиждень пізніше звичайних строків.

2022 р. Протягом сезону спостерігався нестійкий температурний режим. Дуже холодною була друга декада березня. Мінімальна температура повітря за сезон у другій декаді березня знижувалася до 10 °С морозу, поверхня ґрунту або снігу переважно охолоджувалася до 10 °С морозу. Максимальна температура повітря за сезон відмічалась у найтепліші дні в першій декаді травня й досягала 23 °С тепла. Поверхня ґрунту в цей час нагрівалася до 44 °С тепла. Стійкий перехід середньодобової температури повітря через + 5 °С в бік підвищення, що в агрометеорології означає початок вегетаційного періоду, відмічено 29 березня, у строки, близькі до середніх багаторічних строків, а через +10 °С – у середині останньої декади квітня, це означає початок вегетації кукурудзи. За

кліматичними даними це звичайно відбувається в період 15 квітня. Останні весняні заморозки в повітрі відмічалися наприкінці першої декади квітня інтенсивністю 0–2 °С морозу, на поверхні ґрунту та на висоті 2 см від поверхні ґрунту переважно на початку другої декади травня й становили теж 0–2 °С морозу.

Опади весняного періоду спостерігались переважно у вигляді дощу. Сума опадів за сезон здебільшого становила 90 мм. Дуже вологою виявилася друга декада квітня – у середньому випадало 39 мм опадів. Найбільш сухою були останні дві декади березня та перша декада травня: кількість опадів за декаду в середньому становила 2 мм.

Весна закінчилась в другій декаді травня, у строки, близькі до кліматичних, і тривала 90 днів за звичайної тривалості 75 днів. Протягом літнього сезону переважав підвищений та близький до норми температурний режим. Лише в другій декаді липня та першій декаді вересня він був на 2,5 °С нижчий від середнього багаторічного. Аномально теплими виявилися перша декада липня та третя декада серпня. Максимум температури повітря за весь літній сезон 34 °С тепла спостерігався в першій декаді липня та в другій половині серпня. Поверхня ґрунту нагрівалась до 60 °С тепла.

Середня температура повітря за літній період виявилася близькою до середньої багаторічної й становила 21,5 °С тепла. Ґрунт на глибині 10 см в найбільш спекотний період у першій декаді липня прогрівався до 31 °С тепла. Загалом за літній сезон сума опадів становила 340 мм (150 % норми). Відносна вологість повітря була високою: усього за літній період протягом 24 днів мінімальна відносна вологість повітря знижувалася в денні години до 30 % і нижче.

Стійкий перехід середньої добової температури повітря через +10 °С до зниження, що визначає кінець вегетаційного періоду кукурудзи, відмічено 6 жовтня. Стійкий перехід середньої добової температури повітря через +5 °С до зниження, що в агрометеорології визначає кінець вегетаційного періоду, відмічено 10 листопада, у середньому на тиждень пізніше звичайних строків.

Восени спостерігалися опади здебільшого у вигляді дощу. Кількість опадів за осінній сезон становила 85 мм (80 % норми). Аномально сухими були перша та третя декади жовтня, коли опади практично були відсутні. Гідротермічний коефіцієнт за період із середньодобовими температурами повітря вище +10 °C становив переважно 0,8.

Агrometeorологічне значення погодних умов в окремі роки проявилось на рості і розвитку сільськогосподарських культур в більш значному ступені, ніж існуюча різниця між ґрунтово-кліматичними умовами проведення досліджень.

Таким чином, агrometeorологічні умови за своїм різноманіттям протягом проведення досліджень дозволили всебічно оцінити вплив прийомів основного обробітку на формування елементів родючості ґрунту, особливості розвитку фітоценозів бур'янів та біологічної ефективності гербіцидів в залежності від рівня забезпеченості кліматичними ресурсами.

2.3. Методика проведення досліджень

Всі параметри і показники, які вивчалися і досліджувалися в польових та лабораторних експериментах включали комплекс нормативних вимог для одержання достовірних результатів. В дисертаційній роботі були проведені дослідження в стаціонарних та тимчасових польових дослідках, а також одержані аналітичні матеріали в процесі агрохімічної оцінки ґрунтових і рослинних зразків та визначення питань енерго-економічного характеру. Для широкого впровадження результатів наукових досліджень в умовах виробництва проводили виробничу перевірку в провідних фермерських господарствах степової зони України.

Польові досліді закладали і проводили у відповідності з прийнятими в агрономічних дослідженнях методиках [93, 107, 194, 203, 312, 313, 369]. У польових дослідках визначали польову схожість, ріст і розвиток рослин, біометричні показники рослин, врожайність зерна та структуру врожаю. В процесі виконання гербологічних досліджень та вивчення ефективності

застосування гербіцидів користувалися спеціальними методичними рекомендаціями [107, 215].

Агротехніка зернових, зернобобових і олійних культур в польових дослідах, була загальноприйнятою для степової зони України [251]. Сівбу виконували сортами і гібридами занесеними до Реєстру сортів: пшениці озимої – Комерційна, Співанка, Куяльник, Подолянка; Житниця одеська; гороху – Царевич, Мадонна; ячменю ярого – Сталкер, Прерія, Ілот; кукурудзи – Оржиця 237 МВ, ДК Велес, ДН Астра, ДН Хортиця; соняшник – Ясон, Златсон, ЛГ50510, СИ Дієго КЛП (додаток В.1–В.12) [89–91]. Використовувалися гербіциди, які включені до «Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні» (додаток Е). Для сівби використовували сівалки СН-16, СЗ-3,6, СУПН-8М, Great Plains PD8070, Great Plains PFH-1500F. Строки сівби та норма висіву сільськогосподарських культур були оптимальними для даної ґрунтово-кліматичної зони вирощування [251]. Площа облікових ділянок коливалась в межах 25–150 м² в залежності від організаційно-технічних параметрів, габаритності агрегатів на проведенні польових робіт, а також математично-статистичних вимог. Повторність в дослідках була три-шестикратною при розміщенні повторювань в один-три яруси та рендомізованим розташуванням ділянок [107, 209, 313].

Постановка експериментів і розробка дослідницьких програм проводилися у співпраці з науково-дослідними установами з урахуванням актуальності і новизни вивчення для відповідних ґрунтово-кліматичних зон і вітчизняного сільськогосподарського виробництва. Деталізовані схеми дослідів представлені у відповідних розділах дисертаційної роботи.

В дослідках з вивчення основних прийомів обробітку ґрунту були обрані найбільш поширені в світовій практиці знаряддя, які відрізняються інтенсивністю свого впливу на ґрунт та виконують різні технологічні операції. Полицевий обробіток ґрунту виконувався плугами ПЛН-3-35 та оборотним плугом РО-3-35+1, які обладнанні передплужниками на глибину 20–22 см – ярий ячмінь, горох, 16–18 см – пшениця озима, 23–25 см – кукурудза на зерно,

соняшник. Чизельний обробіток виконувався канадським чизель культиватором Conser Till Plow, глибокорозпушувачем ГРД-3 (1800), чизельним плугом ПЧ-2,5 на глибину 20–22 см – ярий ячмінь, горох, 18–20 см – пшениця озима, 25–27 см – кукурудза, соняшник. Дисковий обробіток виконувався дисковими боронами БДВ-6,3 та бороною БГР-4,2 «Солоха» під всі культури сівозміни на глибину 10–12 см. No-till включав пряму сівбу просапною сівалкою Great Plains PD8070 та зерновою сівалкою Great Plains PFH-1500F. В системі чорного пару технологія No-till передбачала заміну механічних прийомів обробітку ґрунту на внесення загальновинищувальних гербіцидів. Глибина обробітку ґрунту в сівозміні залежала від вимог окремих культур і обиралась згідно загальноприйнятих рекомендацій для відповідної ґрунтово-кліматичної зони [251].

Мінеральні добрива, які використовували у дослідях із озимими та ярими культурами застосовували таким чином: нітроамофоску (16,0 % д.р.) вносили перед основний обробіток ґрунту та передпосівну культивуацію, аміачну селітру (34,7 % д.р.) – в передпосівну культивуацію або наприкінці фази кушіння – на початку фази виходу рослин в трубку локально за допомогою дискової сівалки. Добрива вносили з урахуванням поживних речовин в ґрунті, окрім досліджень, де проводили вивчення системи живлення рослин.

Для всебічного вивчення впливу сівозмінного фактору, обробітку ґрунту, застосування добрив, ефективності контролювання актуальної та потенційної забур'яненості посівів на водний, поживний та повітряний режими ґрунту, фітосанітарний стан, формування продуктивності сільськогосподарських культур, економічний і біоенергетичний аналіз, математично-статистичну обробку отриманих даних в дослідях велися за такими методами:

1. Залежно від факторів впливу землеробства на сільськогосподарські культури проводили фенологічні спостереження. Початок настання фази відмічався при входженні у неї 10 % рослин, повну фазу – 75 % рослин.

2. Висоту рослин та площу листової поверхні визначали на 20 рослинах на кожній ділянці. Площу листків проводили методом висічок.

3. Облік врожайності зернових колосових, зернобобових культур проводили шляхом скошування та обмолочування комбайном SAMPO-130, SAMPO-500, соняшник комбайном ДОН-1500, збирання качанів кукурудзи проводили вручну (5-ти кг зразок) в фазу повної стиглості. З кожної ділянки відбирали середній зразок і визначали його вологість та чистоту. Показники врожайних властивостей зернових і зернобобових культур приводили до базисної вологості 14 %, соняшника до 7 %.

4. Щільність складення ґрунту визначали методом «ріжучого кільця» в шарах 0–10, 10–20 і 20–30 см в чотирьохкратній повторності на початку і в кінці вегетаційного сезону (ДСТУ ISO 11272:2001) [107, 140, 141, 430, 428].

5. Вологість ґрунту на глибині 0–150 см визначали термостатно-ваговим методом при відборі зразків ґрунту через кожні 10 см у трьох місцях дослідної ділянки і двох несуміжних повтореннях (ДСТУ ISO 11465:2001) [93, 107, 313].

6. Сумарне водоспоживання та коефіцієнт водоспоживання посівів визначали методом водного балансу [203, 312].

7. Твердість ґрунту визначали твердоміром Рев'якіна та пенітрометром ЛАН-М в шарах 0–10, 0–20 та 0–30 см на протязі вегетаційного сезону (ДСТУ 5096:2008) [107, 429].

8. Структурно-агрегатний склад ґрунту визначали за методом «сухого» просіювання в модифікації Н. І. Саввінова в шарах 0–10, 10–20, 20–30 см (ДСТУ 4744:2007) [107, 194, 203, 427].

9. Протиерозійну оцінку поверхні поля в залежності від сівозміни і обробітку ґрунту вивчали за динамікою зміни кількості рослинних решток на протязі вегетаційного сезону [93, 107, 194].

10. При вивченні глибини обробітку ґрунту використовували борозномір шляхом вимірювання на кожній ділянці в 20 кратній повторності [97, 107].

11. Інтенсивність емісії CO₂ з 1 м² за годину визначали методом В. І. Штатнова [107, 108].

12. Актуальну забур'яненість визначали окомірним методом за 4-х бальною шкалою та кількісно-ваговим методом шляхом накладання облікової

рамки розміром 50х50 см (100х100 см). При першому обліку фактичної забур'яненості проводили тільки підрахунок кількості бур'янів, а при останньому – поряд з цим і зважування їх сирої та повітряно-сухої маси в розрізі біологічних груп [93, 215, 357].

13. Зустрічність окремих видів бур'янів визначали за методом Раункієра [42, 357];

14. Потенційну забур'яненість (банк насіння бур'янів) визначали з шарів ґрунту 0–10, 10–20, 20–30 см за допомогою бурів конструкції Шевелева і Калентьєва на початку польових робіт і в кінці вегетації сільськогосподарських культур [42, 357].

15. Розрахунки технічної ефективності гербіцидів проводили шляхом порівняння кількості бур'янів на контрольному варіанті і при внесенні препаратів на різних етапах розвитку культур [357].

16. Конкурентоспроможність польових культур до негативного впливу бур'янів в агроценозах аналізували за біомасою, водоспоживанням та виносом елементів живлення [163, 357].

17. Агрохімічні аналізи ґрунту виконувалися стандартними та модифікованими методами, такими як:

- вміст загального гумусу за методом Тюріна в модифікації Сімакова (ДСТУ 4289:2004) [99, 100, 431];
- азот лужногідролізований – за методом Корнфілда (ДСТУ 7863:2015) [98, 239];
- вміст рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова (ДСТУ 4115-2000) [80];
- визначення рН – за ISO 10390:2005 [102].

18. Економічну ефективність агротехніки, що вивчалася, проводили за рекомендаціями ННЦ «Інститут аграрної економіки» та ДУ Інституту зернових культур за розрахунками рентабельності виробництва, виробничих витрат, собівартості та інших в сільськогосподарському виробництві. При розрахунках економічної ефективності за основу приймалися ціни на виробничі ресурси і

зернову продукцію, які склалися на момент завершення досліджень [2, 30, 61, 106, 309, 310].

19. Біоенергетичну оцінку технологій вирощування досліджуваних сільськогосподарських культур, а також окремих технологічних прийомів проводили на основі нормативів переведу матеріальних ресурсів і врожаю в енергетичні одиниці [37, 133, 313].

20. Математично-статистичні розрахунки виконували за допомогою програмного забезпечення Statistica 10 та Microsoft Excel 2019. Достовірність відмінностей між варіантами дослідів оцінювали методом дисперсійного аналізу [237, 313].

Висновки до розділу 2

Дослідження за темою дисертаційної роботи проводили в умовах, які відносяться за прийнятим агрокліматичним розподілом території, до степової зони України з критичними показниками вологозабезпечення.

Ґрунтово-кліматичні умови дослідних ділянок мають характерні для степової зони України та придатні для вирощування зернових, зернобобових, олійних культур і отримання врожаю високоякісного зерна.

Агromетeоролoгічні умови за своїм різноманіттям протягом проведення досліджень дозволили всебічно оцінити вплив прийомів основного обробітку на формування елементів родючості ґрунту, особливості розвитку фітоценозів бур'янів та біологічної ефективності гербіцидів в залежності від рівня забезпеченості кліматичними ресурсами.

Польові досліді закладали і проводили у відповідності з прийнятими в агрономічних дослідженнях методикам. Агротехніка зернових, зернобобових і олійних культур в польових дослідях, була загальноприйнятою для степової зони України.

РОЗДІЛ 3

ТРАНСФОРМАЦІЯ АГРОФІЗИЧНИХ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТІВ ПІД ВПЛИВОМ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Сучасні агротехнології та інтенсифікація сільськогосподарського виробництва супроводжуються значним техногенним навантаженням на ґрунти. Це призводить до зміни щільності ґрунту, пористості, вологоутримуючої здатності та водопроникності під впливом техногенних факторів, таких як механічне ущільнення від важкої сільськогосподарської техніки та хімічне забруднення від використання пестицидів і добрив. Спостерігається зниження структурної міцності ґрунтів, що призводить до погіршення їх обробітку та зростання ерозійних процесів. Погіршення агрофізичних і фізико-механічних властивостей ґрунтів негативно впливають на їх родючість, сприяють розвитку деградаційних процесів та зниженню біорізноманіття ґрунтової біоти. Техногенне навантаження значно впливає на агрофізичні та фізико-механічні властивості ґрунтів, що вимагає розробки нових підходів до управління ґрунтовими ресурсами. Необхідно впроваджувати технології мінімізації техногенного впливу та відновлення деградованих ґрунтів для забезпечення стійкості агроєкосистем.

3.1. Трансформація твердості ґрунту під впливом основних факторів землеробства

Оцінка агрофізичного стану ґрунту набуває все більшої актуальності у зв'язку з суттєвим розширенням асортименту прийомів основного обробітку, трансформацією структури посівних площ та поступовою деградацією чорноземів степової зони.

Агрофізичні показники, такі як твердість і щільність ґрунту, набувають

особливого значення на фоні широкомасштабного впровадження прийомів мінімізації основного обробітку ґрунту та часткової відмови від традиційної оранки [45, 114, 208].

Проблема агрофізичного контролю стану ґрунтів набуває більш важливого значення при поглибленні прийомів мінімізації обробітку та поширенні No-till технології. Власне, в Україні еволюція ґрунтозахисних прийомів обробітку складалась з двох фаз: 1) плоскорізнні та безполицеві знаряддя з глибоким розпушенням; 2) зменшення глибини обробітку та нульовий обробіток ґрунту. При всій схожості різних варіантів ґрунтозахисного обробітку перший та другий етапи освоєння методів мінімізації відрізняються між собою за впливом на твердість і щільність чорнозему. Система обробітку, що базується на мілкому розпушенні, супроводжується більшим ущільненням ґрунту і відповідно вносить помітні зміни в теорію обґрунтування мінімального обробітку на чорноземах [174, 264, 266, 414].

За базовий постулат на початку масового впровадження ґрунтозахисного землеробства на чорноземах було прийнято відповідність рівновагової щільності ґрунту оптимальним вимогам сільськогосподарських культур. Тобто чорнозем в недоторканому стані за своїми агрофізичними характеристиками здатний забезпечити сприятливі умови для росту і розвитку культур в сівозміні. За вихідну позицію було погоджено, що в рівноваговому стані чорнозем характеризується щільністю складення $1,3 \text{ г/см}^3$ та твердістю 19 кг/см^2 [67, 389].

На початковому етапі рівновагова теорія в ґрунтозахисному землеробстві до деякої міри себе виправдовувала і забезпечувала практично рівні показники урожайності при застосуванні безполицевих знарядь обробітку ґрунту і традиційної оранки. Так, дійсно, на той час глибокі прийоми плоскорізного обробітку, чизельного і безполицевого розпушення забезпечували нормативні агрофізичні параметри, хоча залишалась невідомою поведінка ґрунту при подальшому системному застосуванні гранично мінімізованих прийомів основного обробітку.

З появою нових знарядь основного обробітку ґрунту та прямої сівби, а

також у зв'язку з поширенням цих знарядь теорія рівновагового стану чорноземів вже не в повній мірі задовольняла пояснення окремих епізодів, які проявлялись при впровадженні методів мінімалізації.

В багатьох випадках залишається невідомим напрямок агрофізичної трансформації ґрунту за тривалого беззмінного застосування окремих знарядь, немає повної ясності наскільки довго утримується розпушувальний ефект оранки, коли настає момент перевищення щільності і твердості відносно встановленої норми та чи змінилась норма реакції сільськогосподарських культур на ущільнення ґрунту [389].

За зростання енергонасиченості ґрунтообробних агрегатів підвищується також ступінь ущільнення чорнозему внаслідок тиску ходових частин в процесі виконання технологічних операцій. При цьому зростає частота або коефіцієнт переходу з щільного до розпушеного стану, що посилює темпи деградації і погіршує агрофізичну буферність ґрунту [223, 228, 389].

Слід прийняти до уваги, що самі по собі показники твердості і щільності ґрунту без реакції на них культур сівозміни не дають повної відповіді на запитання про ефективність обробітку ґрунту. Тут важливо встановити градацію між ступенем ущільнення і рівнем урожайності сільськогосподарських культур.

Метою дослідження було встановлення діапазонної динаміки показників твердості ґрунту залежно від прийомів основного обробітку ґрунту в сівозмінах та вплив тривалого застосування мінімізації на мінливість і стабільність агрофізичного стану чорнозему.

Дослідження проводились в стаціонарному досліді в ДУ Інститут зернових культур НААН в двох 5-пільних сівозмінах – зерно-паро-просапній (пар чорний–пшениця озима–соняшник–ячмінь ярий–кукурудза на зерно) та зерно-просапній (горох–пшениця озима–соняшник–ячмінь ярий–кукурудза на зерно (рис. 3.1), на науково-дослідному полі Навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету в 4-пільній сівозміні (пар чорний–пшениця озима–кукурудза на зерно–соняшник), науково-дослідній станції з рекультивації земель Дніпровського державного аграрно-економічного

університету на різних техноземах (насипний родючий шар ґрунту, лесоподібний суглинок, червоно-бура глина, сіро-зелена глина).

Гідротермічний режим років досліджень характеризувався сезонною типовістю і стабільністю з виключенням погодних аномалій. Вологозабезпеченість осіннього періоду сприяла одержанню своєчасних сходів озимих культур, відсутність критичних зимових температур з тривалими відлигами забезпечила високу виживаність рослин, потепління клімату створило передумови для зміщення строків сівби ярих культур на 15–20 діб, а також більш раннє дозрівання ранніх і пізніх ярих культур (на 8–12 діб).



Рис. 3.1. Різні прийоми основного обробітку ґрунту (восени): А – полицева оранка; В – чизельний обробіток ґрунту; С – дисковий обробіток; D – No-till

Запаси доступної вологи на початку весняно-польових робіт в 0–100 см шарі ґрунту під культурами сівоzmіни (чорний пар (горох) – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза) становили 151–163 (148–153) мм. На фоні річних опадів 490–521 мм вологозабезпеченість культур досягала 295–412 мм, що сприяло одержанню достатньо високого рівня врожайності.

Визначення твердості ґрунту проводили в критичні вегетаційні та технологічні фази в посівах гороху, пшениці озимої, ячменю ярого, кукурудзи, соняшника та в полі чорного пару. Для цього користувались твердоміром

(пенетрометр) ЛАН-М, які надавали об'єктивні характеристики твердості кг/см^2 по шарах оброблюваної зони.

Твердість ґрунту є найбільш інтегрованим показником агрофізичного стану ґрунту, за яким можна оцінювати його щільність, вологість та сферичну здатність кореневої системи щодо розповсюдження в орному шарі.

В паровому полі твердість ґрунту протягом вегетації підтримувалась в оптимальному стані: на фоні оранки в шарі ґрунту 0–30 см твердість змінювалась в межах $11,3\text{--}15,5 \text{ кг/см}^2$ і не виходила за критичну норму при проведенні мілкового дискового обробітку $18,3\text{--}19,8 \text{ кг/см}^2$ (табл. 3.1). Максимально твердість ґрунту зростала в шарі 20–30 см, де вона досягала на глибокій оранці $19,6 \text{ кг/см}^2$, а при застосуванні мілкового дискового обробітку $24,0 \text{ кг/см}^2$, технології No-till – $26,4 \text{ кг/см}^2$.

Таблиця 3.1

Динаміка твердості ґрунту в чорному парі та при вирощуванні гороху на фоні різних прийомів обробітку ґрунту, кг/см^2 (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
II декада березня / перед сівбою*				
0–10	7,8/7,9*	10,6/10,4	13,7/13,9	15,3/15,6
10–20	12,0/11,8	16,6/16,8	19,5/19,1	21,8/21,5
20–30	14,1/14,5	19,6/19,9	21,7/21,4	24,3/24,1
0–30	11,3/11,4	15,6/15,7	18,3/18,1	20,5/20,4
II декада червня / фаза цвітіння				
0–10	11,3/18,9	12,8/21,4	15,1/25,2	17,2/28,7
10–20	15,0/25,1	18,5/30,9	18,8/31,4	21,4/35,8
20–30	17,2/28,7	22,4/37,4	23,7/39,6	27,0/45,1
0–30	14,5/24,2	17,9/29,9	19,2/32,1	21,9/36,5
II декада липня / повна стиглість зерна				
0–10	12,5/24,8	13,2/26,1	16,0/31,7	17,6/34,8
10–20	14,3/28,3	16,1/31,9	19,3/38,2	21,2/42,0
20–30	19,6/38,8	22,9/45,3	24,0/47,5	26,4/52,3
0–30	15,5/30,6	17,4/34,4	19,8/39,1	21,7/43,0
НІР ₀₅ , кг/см^2 : для сівозмін – 1,7–1,9; для обробітку ґрунту – 1,1–1,4				

Примітка: * – чисельник (зерно-паро-просапна сівозмінна: чорний пар–пшениця озима–соняшник–ячмінь ярий–кукурудза на зерно); знаменник – (зерно-просапна сівозмінна: горох–пшениця озима–соняшник–ячмінь ярий–кукурудза на зерно)

Показники твердості ґрунту в зерно-просапній сівозміні, де в першому полі в схемі сівозміни був посіяний горох, цей показник вже в II декаді червня в фазі цвітіння гороху перевищував на 9,8–14,6 кг/см² чорний пар, і на кінець вегетаційного сезону (II декада липня / повна стиглість зерна) різниця становила 15,1–21,3 кг/см². Тобто в зерно-паро-просапній сівозміні при наявності чорного пару на протязі вегетаційного сезону твердість ґрунту була в діапазоні оптимального рівня 11,3–21,9 кг/см² при оранці, чизельному, дисковому обробітку та технології No-till.

В основу формування сприятливого агрофізичного стану ґрунту в паровому полі знаходиться постійна наявність вологи, відсутність протягом тривалого часу тиску ходових частин техніки та ущільнення ріллі кореневою системою рослин.

Приклад вивчення динаміки твердості ґрунту в чорному парі показує, що дійсно в цьому випадку чорнозем здатний підтримувати оптимальні параметри впродовж всього періоду парування, що частково підтверджує теорію рівноважного стану ріллі.

Важливою характеристикою парового поля є те, що на кінець вегетаційного сезону перед сівбою пшениці озимої у верхньому посівному 0–10 см шарі ріллі твердість знаходилась в діапазоні 10,8–19,3 кг/см² залежно від прийомів обробітку і сприяла одержанню повноцінних сходів пшениці озимої (табл. 3.2).

Дещо вищими показники твердості ґрунту перед сівбою пшениці озимої після гороху в посівному 10-ти сантиметровому шарі ґрунту були на рівні 12,1–21,6 кг/см². При цьому, мінімалізація основного обробітку ґрунту викликала зростання твердості на 9,5 кг/см².

Найбільш тривалий час до 300 діб практично в недоторканому вигляді знаходиться ґрунт при вирощуванні пшениці озимої. Тому від початку сівби цієї культури, коли твердість ґрунту становила на фоні оранки в 0–30 см шарі 14,5 кг/см², на початку весняно-польових робіт вона зростала до 20,2 кг/см², а при повній стиглості зерна – до 30,7 кг/см².

На фоні мілкового дискування твердість ґрунту в посівах пшениці на всіх етапах визначення була вищою і наростала за таким графіком: 20,5 кг/см² перед сівбою, 23,5 кг/см² при відновленні весняної вегетації і 36,0 кг/см² при повній стиглості зерна.

Таблиця 3.2

Залежність твердості ґрунту від основного обробітку при вирощуванні пшениці озимої, кг/см², (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
перед сівбою				
0–10	10,8/12,1*	12,7/14,2	15,4/17,2	19,3/21,6
10–20	13,6/15,2	19,0/21,3	20,4/22,8	25,5/28,6
20–30	19,2/21,5	21,5/24,1	25,7/28,8	32,1/36,0
0–30	14,5/16,3	17,7/19,9	20,5/23,0	25,6/28,7
відновлення весняної вегетації				
0–10	16,0/18,6	19,4/22,5	20,0/23,2	21,8/25,3
10–20	20,2/23,4	22,8/26,4	24,2/28,1	26,4/30,6
20–30	24,5/28,4	26,0/30,2	26,3/30,5	28,7/33,3
0–30	20,2/23,5	22,7/26,4	23,5/27,3	25,6/29,7
повна стиглість зерна				
0–10	25,7/27,0	28,9/30,3	30,1/31,6	35,8/38,6
11–20	30,3/31,8	34,7/36,4	36,8/38,6	43,8/47,0
21–30	36,1/37,9	39,6/41,6	41,0/43,1	48,8/52,2
0–30	30,7/32,2	34,4/36,1	36,0/37,8	42,8/46,0
НІР ₀₅ , кг/см ² : для сівозмін – 1,6–1,8; для обробітку ґрунту – 1,2–1,5				

Примітка: див. табл. 3.1

При застосуванні прямої сівби пшениці озимої твердість ґрунту на протязі її вегетації була на рівні 25,6–46,0 кг/см², що значно перевищувало при будь-якому дослідному варіанті з розпушуванням ґрунту.

На початку весняно-польових робіт на фоні чизелювання і дискування навіть в 0–10 см шарі ґрунту твердість наближалась до 20 кг/см², що свідчить про гальмування формування кореневої системи і освоєння кореневмісної сфери.

Оранка перед початком трубкування пшениці озимої зберігала свою буферність порівняно з дискуванням на 4,0 кг/см².

В посівах соняшнику від початку сівби до завершення вегетації спостерігалось зростання показників твердості (табл. 3.3). Перед сівбою соняшника твердість ґрунту була на рівні 8,0–22,8 кг/см².

Необхідно відмітити, що вже на початку вегетаційного сезону в третьому полі сівозміни спостерігається різниця з твердості ґрунту між зерно-просапною та зерно-паро-просапною сівозмінами, яка складала 1,7–4,3 кг/см² в посівному шарі і 2,0–4,6 кг/см² в 30-ти сантиметровому шарі ґрунту. Максимальних значень з твердості ґрунту в посівах соняшнику показники набули в період повної стиглості насіння і становили при проведенні в якості основного обробітку ґрунту оранки в середньому в 30-ти сантиметровому шарі – 31,6–36,3, чизельного розпушування – 33,9–41,0, дискового обробітку – 36,4–44,1 та прямої сівби – 43,0–51,0 кг/см².

Таблиця 3.3

Вплив основного обробітку на твердість ґрунту в зерно-паро-просапній сівозміні при вирощуванні соняшнику, кг/см² (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
перед сівбою				
0–10	8,0/9,7*	10,2/12,5	12,7/15,6	18,5/22,8
10–20	12,6/15,2	15,0/18,5	18,0/22,1	26,3/32,3
20–30	14,0/16,9	18,3/22,5	20,1/24,7	29,3/36,1
0–30	11,5/13,9	14,5/17,8	16,9/20,8	24,7/30,4
фаза цвітіння				
0–10	18,7/22,1	21,7/26,7	27,6/33,9	32,3/40,4
10–20	26,0/30,7	32,0/39,4	34,6/42,6	40,5/50,6
20–30	32,3/38,1	33,9/41,7	35,8/44,0	41,9/52,4
0–30	25,7/30,3	29,2/35,9	32,7/40,2	38,2/47,8
повна стиглість насіння				
0–10	26,0/29,9	28,3/34,2	30,7/37,1	36,2/42,8
10–20	32,5/37,4	33,8/40,9	37,9/45,9	44,7/53,1
20–30	36,2/41,6	39,5/47,8	40,7/49,2	48,0/57,1
0–30	31,6/36,3	33,9/41,0	36,4/44,1	43,0/51,0
НІР ₀₅ , кг/см ² : для сівозмін – 1,6–1,8; для обробітку ґрунту – 1,0–1,4				

Примітка: див. табл. 3.1

В посівах ячменю ярого спостерігалася аналогічна тенденція щодо твердості ґрунту залежно від прийому основного обробітку ґрунту так і від наявності парового поля в сівозміні (табл. 3.4).

В посівах ячменю ярого згідно схем досліджуваних сівозмін зберігалася різниця в показниках твердості, як на початку вегетації так і при повній стиглості зерна, між наявності пару в сівозміні і без нього. А саме, в 30-ти сантиметровому шарі ґрунту перед сівбою ячменю ярого твердість ґрунту була нижчою на 12,5–25,4 % при всіх прийомах обробітку ґрунту.

Таблиця 3.4

Вплив основного обробітку на твердість ґрунту при вирощуванні ячменя ярого, кг/см² (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
перед сівбою				
0–10	7,0/8,4*	9,2/11,4	12,2/15,3	13,7/17,2
10–20	10,4/12,6	14,8/18,5	16,8/21,0	18,9/23,7
20–30	12,8/15,4	17,5/21,9	18,8/23,5	21,2/26,5
0–30	10,1/12,1	13,8/17,3	15,9/19,9	17,9/22,5
фаза колосіння				
0–10	16,6/20,1	18,8/23,5	22,2/27,7	25,3/30,6
10–20	22,0/26,7	27,2/34,0	27,6/34,5	31,5/38,4
20–30	25,3/36,0	32,9/41,1	34,8/43,5	39,7/48,6
0–30	21,3/27,6	26,3/32,9	28,2/35,2	32,2/39,2
повна стиглість зерна				
0–10	21,8/26,4	23,0/28,7	27,9/34,8	30,7/37,3
10–20	24,9/30,1	28,1/35,1	33,6/42,0	37,0/45,2
20–30	34,2/41,3	39,9/49,9	41,8/52,3	46,0/56,5
0–30	27,0/32,6	30,3/37,9	34,4/43,0	37,9/46,3
НІР ₀₅ , кг/см ² : для сівозмін – 1,6–1,9; для обробітку ґрунту – 0,9–1,3				

Примітка: див. табл. 3.1

В посівах кукурудзи від початку сівби до завершення вегетації спостерігалось найбільш стрімке зростання показників твердості, яке оцінювалось діапазоном від 12,7–14,2 до 34,7–36,9 кг/см² на оранці, від 16,8–19,7 до 39,3–44,0 кг/см² при використанні чизельного обробітку, від 19,6–23,0 до

42,3–46,4 кг/см² при застосуванні мілкового дискування, від 30,1–35,7 до 52,4–58,9 при прямій сівбі (табл. 3.5).

При цьому вже під час викидання волоті або через 60 діб після сівби твердість всього профілю орного шару досягла критичних позначок 28,2–51,9 кг/см². Цей факт свідчить про те, що в другій половині вегетації кукурудзи культура відчувала агрофізичну депресію і фактично переходила в повну залежність від атмосферних опадів.

Таблиця 3.5

Вплив основного обробітку на твердість ґрунту в сівоzmіні при вирощуванні кукурудзи на зерно, кг/см² (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
перед сівбою				
0–10	8,8/9,9*	11,8/13,8	14,7/17,2	22,6/26,5
10–20	13,9/15,5	17,4/20,4	20,9/24,4	32,1/38,1
20–30	15,4/17,2	21,2/24,8	23,3/27,3	35,7/42,6
0–30	12,7/14,2	16,8/19,7	19,6/23,0	30,1/35,7
фаза 12–13 листків				
0–10	20,6/23,0	25,2/29,5	32,0/37,5	39,4/43,1
10–20	28,6/32,0	37,1/43,4	40,1/47,0	49,4/55,3
20–30	35,5/39,8	39,3/46,0	41,5/48,6	51,1/57,4
0–30	28,2/31,6	33,9/39,6	37,9/44,4	46,6/51,9
повна стиглість зерна				
0–10	28,6/30,0	32,8/36,4	35,6/38,7	44,2/48,9
10–20	35,8/38,0	39,2/43,9	44,0/48,4	54,5/61,5
20–30	39,8/42,6	45,8/51,6	47,2/52,2	58,6/66,4
0–30	34,7/36,9	39,3/44,0	42,3/46,4	52,4/58,9
НІР ₀₅ , кг/см ² : для сівоzmін – 1,5–1,8; для обробітку ґрунту – 1,1–1,4				

Примітка: див. табл. 3.1

Дослідженнями проведеними на науково-дослідному полі Навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету з вивчення особливості трансформації твердості ґрунту залежно від проведення в якості основного обробітку різноглибинної оранки показали, що оранка є ефективним агротехнічним заходом, який при правильному застосуванні може значно покращити агрофізичні показники ґрунту, зокрема його твердість.

Дослідження проводили в 4-х пільній сівозміні чорний пар–пшениця озима–соняшник–кукурудза на зерно, де основний обробіток ґрунту виконували полицевим плугом ПО-3-35 на глибину 12–14 см, 20–22 см, 25–27 см.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що при виконанні різноглибинної оранки в якості основного обробітку ґрунту в системі чорного пару, під соняшник та кукурудзу твердість ґрунту змінювалася в залежності від глибини обробітку та періоду вегетаційного сезону.

В системі чорного пару полицевий основний обробіток ґрунту забезпечував на протязі всього періоду парування оптимальні значення твердості ґрунту в 30-ти сантиметровому шарі, а саме цей показник утримувався в діапазоні 8,8–17,8 кг/см² (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Вплив основного обробітку на твердість ґрунту в зерно-паро-просапній короткоротаційній сівозміні в чорному парі, кг/см² (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Оранка		
	на 12–14 см	на 20–22 см	на 25–27 см
II декада березня			
0–10	7,3	6,1	5,8
10–20	16,4	9,8	9,5
20–30	19,8	18,9	11,2
0–30	14,5	11,6	8,8
II декада червня			
0–10	9,5	8,4	8,0
10–20	18,9	11,3	11,2
20–30	20,3	20,9	12,9
0–30	16,2	13,5	10,7
II декада серпні			
0–10	11,2	10,9	9,7
10–20	20,3	13,6	12,7
21–30	21,9	22,8	14,9
0–30	17,8	15,8	12,4
НІР ₀₅ , кг/см ²			0,9–1,3

Відмічена тенденція до збільшення твердості ґрунту із зменшенням глибини оранки. Наприклад, в рік парування в II декаді березня значення

твердості ґрунту в 30-ти сантиметровому шарі були для глибини оранки на 12–14 см – 14,5 кг/см², на 20–22 см – 6,1 кг/см² і на максимальну глибину 25–27 см – 5,8 кг/см². В посівному 10-ти сантиметровому шарі теж спостерігалася різниця в твердості ґрунту залежно від глибини обробітку і становила 1,5 кг/см² між мілкою і глибокою оранкою.

При вирощуванні пшениці озимої в сівозміні після чорного пару, в системі обробітку якого проводилася різноглибинна оранка, проявилася тенденція до збільшення твердості ґрунту при зменшенні глибини обробітку (табл. 3.7). Найбільша різниця між оранкою на 25–27 см та 12–14 см спостерігалася в період сівби пшениці озимої і відновлення весняної вегетації, де вона становила від 7,8 до 42,1 % та 4,9 до 10,2 %, відповідно.

Таблиця 3.7

Вплив основного обробітку на твердість ґрунту в короткоротаційній зерно-паро-просапній сівозміні при вирощуванні пшениці озимої, кг/см² (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Оранка		
	на 12–14 см	на 20–22 см	на 25–27 см
перед сівбою			
0–10	9,1	8,8	7,6
10–20	20,6	13,8	12,8
20–30	22,1	22,9	15,2
0–30	17,3	15,2	11,9
відновлення весняної вегетації			
0–10	18,2	17,6	16,2
10–20	24,9	22,1	20,6
20–30	27,8	28,1	24,5
0–30	23,6	22,6	20,4
повна стиглість			
0–10	27,1	27,4	26,8
10–20	34,2	31,1	30,4
20–30	38,4	38,5	36,1
0–30	33,2	32,3	31,1
НІР ₀₅ , кг/см ²			0,9–1,2

Під час повної стиглості пшениці озимої твердість ґрунту на всіх дослідних варіантах практично вирівнювалася і становила для оранки на глибину 12–14 см в середньому в 30-ти сантиметровому шарі – 33,2 кг/см², на глибину 20–22 см –

32,3 кг/см², на глибину 25–27 см – 31,1 кг/см², тобто показники твердості ґрунту були практично на одному рівні.

При вирощуванні кукурудзи на зерно в зерно-паро-просапній сівозміні твердість ґрунту залежно від глибини оранки мала відповідні закономірності і тенденції. Так, на початку вегетаційного сезону перед сівбою твердість ґрунту в посівному шарі 0–10 см була в оптимальному діапазоні і становила в межах 6,7–7,9 кг/см² (табл. 3.8). В глибших шарах ґрунту в період сівби кукурудзи математично доведена різниця за показником твердості ґрунту між оранкою на 25–27 см, 20–22 см та 12–14 см і вона становила від 2,4 до 9,8 %. Слід відмітити, що весною в період сівби кукурудзи твердість ґрунту відповідала оптимальним значенням.

Таблиця 3.8

Вплив основного обробітку на твердість ґрунту в зерно-паро-просапній короткоротаційній сівозміні при вирощуванні кукурудзи на зерно, кг/см² (середнє за 2017–2021 рр.)

№	Шар ґрунту, см	Оранка		
		на 12–14 см	на 20–22 см	на 25–27 см
перед сівбою				
1	0–10	7,9	6,7	6,7
2	10–20	16,6	10,9	9,9
3	20–30	20,6	19,0	11,8
4	0–30	15,0	12,2	9,5
12–13 листків				
1	0–10	21,7	21,3	20,5
2	10–20	30,9	28,9	27,7
3	20–30	37,9	38,1	34,2
4	0–30	30,2	29,4	27,5
повна стиглість				
1	0–10	32,7	32,5	29,3
2	10–20	39,2	37,2	36,1
3	20–30	42,1	42,4	40,1
4	0–30	38,0	37,4	35,2
НІР ₀₅ , кг/см ²				1,0–1,4

В наступні фази розвитку кукурудзи проявилася значна тенденція до збільшення показнику твердості ґрунту і максимальні її значення відмічалися при повній стиглості рослин, які становили 35,2–38,0 кг/см².

При вирощуванні соняшника в 4-х пільній сівоzmіні: чорний пар–пшениця озима–кукурудза на зерно–соняшник, були відмічені найбільші показники твердості ґрунту на протязі вегетаційного сезону, порівняно з попередніми культурами і паром. Твердість ґрунту в 30-ти сантиметровому шарі при повній стиглості соняшника становила 41,6 кг/см², 40,3 кг/см², 38,0 кг/см² при глибині оранки на 12–14, 20–22, 25–27 см, відповідно (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Вплив основного обробітку на твердість ґрунту в зерно-паро-просапній короткоротаційній сівоzmіні при вирощуванні соняшника, кг/см² (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Оранка		
	на 12–14 см	на 20–22 см	на 25–27 см
перед сівбою			
0–10	8,2	7,1	6,9
10–20	18,4	11,9	10,5
20–30	22,7	12,0	12,7
0–30	16,4	10,3	10,0
фаза цвітіння			
0–10	23,8	24,1	23,5
11–20	34,5	31,2	30,5
21–30	41,5	42,1	37,1
0–30	33,3	32,5	30,4
повна стиглість			
0–10	35,5	35,4	32,1
10–20	43,0	40,1	39,2
21–30	46,2	45,5	42,8
0–30	41,6	40,3	38,0
НІР ₀₅ , кг/см ²			1,1–1,2

Характерною особливістю було те, що при зменшенні глибини основного обробітку збільшувалася твердість ґрунту в досліджуваному шарі 0–30 см. Показники твердості ґрунту починаючи з фази цвітіння соняшнику набували

своїх критичних значень особливо за мілкої оранки на глибину 12–14 см – 33,3 кг/см³.

При вивченні твердості ґрунту в базових моделях техноземів і вирощуванні на них сумішків злаково-бобових багаторічних трав показало, що існує суттєва різниця за цим показником (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Твердість ґрунту в базових моделях техноземів, кг/см²
(середнє за 2019–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Насипний родючий шар ґрунту	Лесоподібний суглинок	Червоно-бура глина	Сіро-зелена глина
II декада березня				
0–10	16,1	25,9	30,5	31,6
10–20	21,3	34,1	38,3	39,4
20–30	25,5	39,6	39,3	41,9
0–30	21,0	33,2	36,0	37,6
II декада червня				
0–10	28,4	33,1	34,5	28,4
11–20	37,8	38,1	41,9	37,8
21–30	42,2	41,4	43,9	42,2
0–30	36,1	37,5	40,1	36,1
II декада вересень				
0–10	19,8	29,2	32,9	34,0
10–20	26,5	38,9	37,7	41,1
21–30	31,0	43,6	40,2	43,4
0–30	25,8	37,2	36,9	39,5
НІР ₀₅ , кг/см ²				1,2–1,4

Серед базових моделей техноземів наближеним до оптимальних параметрів за твердістю ґрунту відповідала модель з використанням насипного родючого шару ґрунту (чорнозем), яка становила на початку вегетаційного сезону в 30-ти сантиметровому шарі – 21,0 кг/см².

Детальне вивчення твердості ґрунту в різних природно-техногенних комплексах показало, що ця фізична характеристика ґрунту найбільш адекватно і синхронно реагувала на чергування культур в сівозміні і прийоми основного

обробітку ґрунту, глибину та характеру обертання скиби та на різні складові елементи техноземів в процесі рекультивації.

Отже, в 5-ти пільних сівозмінах зерно-паро-просапній та зерно-просапній найбільші показники твердості спостерігалися на фоні мінімалізації основного обробітку ґрунту, де вони були після м'якого дискового розпушення та технології No-till протягом вегетації культур сівозміни на 12,4–49,1 % більше порівняно з оранкою та чизельним обробітком.

Спостереження за динамікою твердості в паровому полі підтвердило достатньо високу буферну здатність чорнозему протягом всього періоду парування. Також, позитивним явищем слід вважати достатньо тривалу післядію парового поля на наступні культури сівозміни, де показники твердості були нижчими на 4,3–25,4 % порівняно із сівозміною без парового поля.

3.2. Динаміка щільності складення ґрунту під впливом техногенного навантаження

Щільність складення ґрунту вказує на характер упаковки елементів твердої фази чорнозему і є теж важливою агрофізичною характеристикою як і твердість. Щільність складення ґрунту в більшій мірі розкриває фізичні характеристики ґрунту, а твердість визначає безпосередній зв'язок реакції рослин в ґрунтовому середовищі. При цьому твердість як агрофізичний показник дозволяє більш детально описати кожен позицію ріллі, зробити це в експрес-режимі без суттєвих витрат, забезпечити високу продуктивність ґрунтових досліджень та накопичити великий аналітичний масив даних [225, 228, 230].

Паралельно з вивченням твердості ґрунту нами були встановлені особливості трансформації показників щільності складення ґрунту в окремих полях сівозміни на різних етапах вегетації та циклах проведення польових робіт (табл. 3.11–3.20).

В паровому полі та при вирощуванні гороху зростання щільності складення ґрунту спостерігалось за вектором від оранки до технології No-till та

від початку до завершення парування (табл. 3.11).

Заміна оранки на дискування та No-till супроводжувалася збільшенням щільності ґрунту в 0–30 см шарі на 0,06–0,18 г/см³. В той же час за рахунок самоущільнення за період з II декади березня по II декаду липня на всіх фонах обробітку об'ємна маса ріллі зростала на 0,02–0,11 г/см³. При цьому в кінці парування щільність складення орного шару не виходила за межі оптимально допустимої і становила 1,24–1,33 г/см³. В посівах гороху щільність складення ґрунту при повній його стиглості була критичною і становила в 0–30 см – 1,34–1,36 г/см³.

Таблиця 3.11

Залежність динаміки щільності складення ґрунту від прийомів обробітку в чорному пару та при вирощуванні гороху, г/см³ (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
II декада березня / перед сівбою*				
0–10	1,03/1,02*	1,17/1,18	1,21/1,21	1,22/1,22
10–20	1,17/1,18	1,25/1,26	1,30/1,22	1,28/1,29
20–30	1,20/1,22	1,30/1,32	1,32/1,31	1,33/1,34
0–30	1,13/1,14	1,24/1,25	1,28/1,25	1,28/1,28
II декада червня / фаза цвітіння				
0–10	1,11/1,28	1,19/1,31	1,23/1,33	1,25/1,35
10–20	1,18/1,32	1,27/1,33	1,30/1,34	1,33/1,36
20–30	1,28/1,33	1,30/1,35	1,32/1,36	1,34/1,37
0–30	1,19/1,31	1,25/1,33	1,29/1,35	1,29/1,36
II декада липня / повна стиглість зерна				
0–10	1,20/1,32	1,22/1,33	1,25/1,34	1,28/1,35
10–20	1,25/1,34	1,30/1,35	1,32/1,36	1,35/1,36
20–30	1,27/1,37	1,32/1,35	1,33/1,37	1,36/1,37
0–30	1,24/1,34	1,28/1,34	1,30/1,36	1,33/1,36
НІР ₀₅ , г/см ³ : для сівозмін – 0,05–0,07; для обробітку ґрунту – 0,04–0,06				

Примітка: * – чисельник (зерно-паро-просапна сівозміна: чорний пар–пшениця озима–соняшник–ячмінь ярий–кукурудза на зерно); знаменник – (зерно-просапна сівозміна: горох–пшениця озима–соняшник–ячмінь ярий–кукурудза на зерно)

Таким чином, можна стверджувати, що за різних прийомів обробітку ґрунту в паровому полі чорнозем протягом одного року здатний утримувати показники щільності складення в межах оптимальних для сільськогосподарських культур. В технології No-till показники щільності складення ґрунту в 30-ти сантиметровому шарі досягали $1,33 \text{ г/см}^3$ в II декаді липня.

З якою інтенсивністю відбувається ущільнення ґрунту в необроблюваному стані можна визначити шляхом порівняння щільності ґрунту на початку парування та під час збирання урожаю пшениці озимої. Якщо на фоні оранки і мілкого дискування на початку парування показники щільності становили $1,13\text{--}1,28 \text{ г/см}^3$ в 0–30 см шарі, то через 540 діб по завершенню вегетації пшениці озимої досягали $1,27\text{--}1,36 \text{ г/см}^3$ (табл. 3.12).

Таблиця 3.12

Вплив основного обробітку ґрунту на показники щільності складення ґрунту при вирощуванні пшениці озимої, г/см^3 (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
перед сівбою				
0–10	1,15/1,17*	1,16/1,18	1,20/1,22	1,24/1,26
10–20	1,24/1,25	1,26/1,29	1,28/1,30	1,32/1,35
20–30	1,27/1,28	1,35/1,36	1,34/1,36	1,37/1,39
0–30	1,22/1,23	1,26/1,28	1,27/1,29	1,31/1,33
фаза відновлення вегетації				
0–10	1,16/1,19	1,18/1,20	1,26/1,28	1,26/1,29
10–20	1,22/1,25	1,29/1,33	1,30/1,34	1,32/1,35
20–30	1,27/1,31	1,30/1,33	1,33/1,36	1,34/1,36
0–30	1,22/1,25	1,26/1,29	1,30/1,33	1,31/1,33
повна стиглість зерна				
0–10	1,24/1,26	1,27/1,33	1,34/1,34	1,36/1,39
10–20	1,28/1,31	1,32/1,36	1,36/1,37	1,39/1,42
20–30	1,29/1,31	1,36/1,38	1,37/1,39	1,41/1,44
0–30	1,27/1,29	1,32/1,36	1,36/1,37	1,39/1,42
НІР ₀₅ , г/см^3 : для сівозмін – 0,05–0,07; для обробітку ґрунту – 0,04–0,06				

Примітка: див. табл. 3.11

Завдяки достатній вологозабезпеченості ґрунту в чорному парі перед сівбою озимини щільність 0–30 см шару ріллі була достатньо вирівняною по прийомах обробітку і вкладалася по оранці, чизелюванню, дискуванню, No-till в

дисперсійну зону 1,23–1,31 г/см³. Позитивний вплив на формування урожаю озимини мало те, що під час весняного кушення щільність складення ґрунту 30-ти сантиметрового не виходила за межі оптимального для сільськогосподарських культур і становила 1,15–1,31 г/см³. В той же час у фазі повної стиглості зерна пшениці озимої тільки при застосуванні оранки щільність знаходилась в зоні агрофізичної комфортності.

Показники щільності складення ґрунту при вирощуванні соняшнику на початку вегетації були в оптимальному діапазоні за всіма прийомами обробітку ґрунту окрім технології No-till (табл. 3.13). Так, наприклад при вирощуванні соняшника за технологією No-till перед сівбою щільність складення ґрунту в орному шарі становила 1,31 г/см³ в зерно-паро-просапній сівозміні і 1,34 г/см³ в зерно-просапній сівозміні.

Таблиця 3.13

Вплив основного обробітку на показники щільності складення ґрунту при вирощуванні соняшника, г/см³ (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
перед сівбою				
0–10	1,02/1,04*	1,13/1,21	1,18/1,20	1,25/1,27
10–20	1,19/1,19	1,20/1,32	1,29/1,33	1,34/1,36
20–30	1,21/1,22	1,27/1,35	1,30/1,33	1,35/1,39
0–30	1,14/1,15	1,20/1,29	1,26/1,29	1,31/1,34
фаза цвітіння				
0–10	1,22/1,25	1,24/1,26	1,31/1,35	1,36/1,38
10–20	1,26/1,31	1,30/1,33	1,38/1,39	1,41/1,46
20–30	1,30/1,33	1,37/1,39	1,40/1,40	1,43/1,44
0–30	1,26/1,30	1,30/1,33	1,36/1,38	1,40/1,43
повна стиглість зерна				
0–10	1,25/1,27	1,29/1,30	1,39/1,41	1,44/1,44
10–20	1,31/1,33	1,33/1,35	1,41/1,41	1,45/1,46
20–30	1,34/1,36	1,39/1,42	1,42/1,44	1,46/1,48
0–30	1,30/1,32	1,34/1,36	1,41/1,42	1,45/1,46
НІР ₀₅ , г/см ³ : для сівозмін – 0,05–0,06; для обробітку ґрунту – 0,04–0,07				

Примітка: див. табл. 3.11

В подальшому при вегетації соняшнику щільність складення ґрунту збільшувалася, як при наявності парового поля в сівозміні так і без пару. Максимальні значення за щільністю складення ґрунту були в фазу повної стиглості соняшника і становили в залежності від прийому обробітку ґрунту в межах 1,30–1,46 г/см³.

При вирощуванні ячменю ярого проявилася аналогічна тенденція щільності складення ґрунту, як і у попередніх культур в сівозміні. А саме, на початку вегетації щільність складення ґрунту була в оптимальних межах 1,11–1,31 г/см³ (табл. 3.14).

Таблиця 3.14

Вплив основного обробітку ґрунту на показники щільності складення ґрунту при вирощуванні ячменю ярого, г/см³ (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
перед сівбою				
0–10	0,98/1,02*	1,10/1,18	1,15/1,18	1,21/1,24
10–20	1,16/1,17	1,18/1,29	1,26/1,30	1,31/1,34
20–30	1,18/1,20	1,24/1,31	1,27/1,31	1,31/1,36
0–30	1,11/1,13	1,17/1,26	1,23/1,26	1,28/1,31
фаза цвітіння				
0–10	1,19/1,21	1,21/1,23	1,28/1,35	1,32/1,35
10–20	1,23/1,27	1,27/1,30	1,35/1,39	1,38/1,43
20–30	1,27/1,30	1,35/1,35	1,38/1,38	1,40/1,41
0–30	1,23/1,26	1,28/1,29	1,34/1,37	1,37/1,40
повна стиглість зерна				
0–10	1,21/1,24	1,26/1,27	1,36/1,38	1,41/1,42
10–20	1,28/1,30	1,30/1,32	1,38/1,38	1,41/1,43
20–30	1,31/1,33	1,35/1,40	1,40/1,41	1,43/1,43
0–30	1,27/1,29	1,30/1,38	1,38/1,39	1,42/1,43
НІР ₀₅ , г/см ³ : для сівозмін – 0,06–0,09; для обробітку ґрунту – 0,03–0,06				

Примітка: див. табл. 3.11

Кукурудза як культура значних обсягів вологоспоживання призводила до прискореного ущільнення ґрунту, яке досягало у фазі повної стиглості зерна в шарі 0–30 см – 1,31–1,40 г/см³. І це при тому, що на початку вегетації особливо у верхньому 0–10 см шарі ґрунту його щільність залишалася мінімальною 1,04–

1,19 г/см³. Якщо оранка (табл. 3.15) утримувала рівновагову щільність до фази 12–13 листків кукурудзи, то на фоні чизельного, дискового обробітків і No-till технології починаючи з цієї фази ґрунт був переущільнений 1,31–1,40 г/см³.

Таблиця 3.15

Вплив основного обробітку ґрунту на щільність складення при вирощуванні кукурудзи на зерно, г/см³ (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
перед сівбою				
0–10	1,04/1,05*	1,12/1,20	1,19/1,21	1,27/1,28
11–20	1,17/1,18	1,20/1,31	1,29/1,32	1,34/1,37
21–30	1,20/1,23	1,27/1,34	1,30/1,34	1,35/1,39
0–30	1,14/1,15	1,20/1,28	1,26/1,29	1,32/1,35
фаза 12–13 листків				
0–10	1,23/1,24	1,25/1,28	1,32/1,36	1,38/1,39
11–20	1,28/1,31	1,31/1,34	1,38/1,40	1,42/1,45
21–30	1,31/1,32	1,38/1,40	1,40/1,41	1,43/1,43
0–30	1,27/1,29	1,31/1,34	1,37/1,39	1,41/1,42
фаза повної стиглості				
0–10	1,26/1,27	1,30/1,31	1,38/1,42	1,43/1,43
11–20	1,32/1,33	1,34/1,36	1,40/1,42	1,45/1,46
21–30	1,34/1,35	1,40/1,41	1,41/1,43	1,45/1,47
0–30	1,31/1,32	1,35/1,36	1,40/1,42	1,44/1,45
НІР ₀₅ , г/см ³ : для сівозмін – 0,04–0,06; для обробітку ґрунту – 0,02–0,04				

Примітка: див. табл. 3.11

Головним завданням мінімізації обробітку ґрунту є зниження енергетичних витрат і матеріальних ресурсів, дозована мобілізація родючості ґрунтів, попередження розвитку ерозійних процесів. Як правило, зниження інтенсивності розпушення ґрунту поступається традиційній оранці за рівнем урожайності, тому завдання технологічного балансу полягає в тому, наскільки

заміна глибокої оранки на енергозберігаючі прийоми обробітку виправдані з економічної та екологічної позиції.

Таким чином, встановлено, що при застосуванні в сівозміні традиційних та мінімальних прийомів основного обробітку ґрунту суттєво трансформується діапазон показників твердості і щільності чорнозему, який залежно від культури і тривалості впровадження обробітку формує сезонні оптимуми і максимуми агрофізичного стану ґрунту.

При проведенні оранки, чизельного, мілкового дискового обробітків, No-till технології тільки під час парування агрофізичні показники утримуються в оптимальному діапазоні, що свідчить про те, що теорія рівновагового стану ґрунту є виправданою тільки для окремих випадків, коли після проведення обробітку під пар поля не зайняті сільськогосподарськими культурами.

За тривалого впровадження мінімальних прийомів основного обробітку чорнозем з часом набуває більш ущільненого стану, тому потребує періодичного інтенсивного розпушення за допомогою оранки. Перевага оранки над чизелюванням, дискуванням та No-till щодо оптимізації агрофізичного стану ґрунтів зберігається протягом всього вегетаційного періоду сільськогосподарських культур.

В умовах поступового наростання проблеми ущільнення ґрунту новітнього значення набуває глибина оранки під різні культури сівозміни в зв'язку необхідності оптимізації його агрофізичних властивостей.

В паровому полі при використанні різноглибинної оранки було встановлено, що показники щільності складення ґрунту знаходилися протягом всього періоду парування в оптимальному діапазоні $1,02\text{--}1,24\text{ г/см}^3$ в середньому в шарі ґрунту 0–30 см (табл. 3.16). Проте, важливо відмітити, що при виконанні оранки на глибину 12–14 см та 20–22 см проявилася тенденція до ущільнення ґрунту в шарі 20–30 см до величини $1,24\text{ г/см}^3$ весною на початку парування, $1,28\text{ г/см}^3$ в червні і $1,31\text{ г/см}^3$ наприкінці літнього періоду парування.

При цьому спостерігалася здатність ґрунту утримувати оптимальні показники щільності складення ґрунту на фоні глибокого обробітку 25–27 см

протягом всього періоду парування. Це свідчить про важливу особливість чорнозему звичайного зберігати високу буферність і забезпечувати оптимальні режими росту і розвитку сільськогосподарських культур. Показники щільності складення ґрунту при оранці на глибину 25–27 см протягом всього періоду парування в шарі 0–10 см становили 1,02–1,12 г/см³, в шарі 10–20 см – 1,10–1,17 г/см³, в шарі 20–30 см – 1,13–1,22 г/см³.

Таблиця 3.16

Вплив основного обробітку на щільність складення ґрунту в зерно-паро-просапній короткоротаційній сівозміні в чорному парі, г/см³
(середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Оранка		
	на 12–14 см	на 20–22 см	на 25–27 см
II декада березня			
0–10	1,03	1,03	1,02
10–20	1,22	1,11	1,10
20–30	1,24	1,24	1,13
0–30	1,16	1,13	1,08
II декада червня			
0–10	1,09	1,08	1,08
10–20	1,24	1,14	1,12
20–30	1,28	1,27	1,17
0–30	1,20	1,16	1,12
II декада серпні			
0–10	1,14	1,13	1,12
10–20	1,27	1,18	1,17
20–30	1,31	1,31	1,22
0–30	1,24	1,21	1,17
НІР ₀₅ , кг/см ³			0,03–0,06

Вплив глибини оранки зберігався також і в наступних полях сівозміни в яких висівалися пшениця озима, кукурудза на зерно та соняшник. Так, при вирощуванні пшениці озимої глибока оранка 25–27 см забезпечувала стан розпушеності ґрунту в середньому в 30-ти сантиметровому шарі 1,15–1,31 г/см³. В той час як на фоні мілкої оранки на 12–14 см щільність складення ґрунту в орному шарі знаходилася в діапазоні 1,22–1,33 г/см³ (табл. 3.17).

Як видно, процеси ущільнення ґрунту невинно зростали до кінця вегетаційного періоду, як в паровому полі, так і під посівами пшениці озимої, порівняно з отриманими експериментальними даними на початку весняно-польових робіт.

Таблиця 3.17

Вплив основного обробітку на щільність складення ґрунту в короткоротаційній зерно-паро-просапній сівоzmіні при вирощуванні пшениці озимої, г/см³ (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Оранка		
	на 12–14 см	на 20–22 см	на 25–27 см
перед сівбою			
0–10	1,12	1,12	1,10
10–20	1,25	1,16	1,15
20–30	1,29	1,29	1,20
0–30	1,22	1,19	1,15
відновлення весняної вегетації			
0–10	1,16	1,16	1,15
10–20	1,27	1,20	1,18
20–30	1,30	1,30	1,23
0–30	1,24	1,22	1,19
повна стиглість			
0–10	1,29	1,30	1,29
10–20	1,34	1,32	1,30
20–30	1,36	1,36	1,34
0–30	1,33	1,33	1,31
НІР ₀₅ , г/см ³			0,04–0,07

По мірі віддалення полів сівоzmіни від чорного пару суттєво зростала небезпека підвищення щільності складення ґрунту в посівах кукурудзи на зерно 1,11–1,38 г/см³ і соняшника 1,13–1,40 г/см³ протягом вегетації цих культур (табл. 3.18–3.19).

При значному діапазоні початкових і завершальних показників щільності складення ґрунту значна роль належала глибині обробітку оранки, яка показала чітку закономірність покращення агрофізичного стану чорнозему і наближення його до оптимальних параметрів при умові збільшення глибини розпушення до

25–27 см. Наприклад, навіть в кінці вегетаційного періоду глибока оранка дозволяла утримувати рівень ущільненості в межах 1,33–1,35 г/см³ в посівах кукурудзи на зерно та соняшнику.

Таблиця 3.18

Вплив основного обробітку на щільність складення ґрунту в зерно-паро-просапній короткоротаційній сівозміні при вирощуванні кукурудзи на зерно, г/см³ (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Оранка		
	на 12–14 см	на 20–22 см	на 25–27 см
перед сівбою			
0–10	1,09	1,08	1,07
10–20	1,16	1,12	1,11
20–30	1,22	1,20	1,16
0–30	1,16	1,13	1,11
12–13 листків			
0–10	1,23	1,21	1,20
10–20	1,31	1,28	1,27
20–30	1,37	1,36	1,30
0–30	1,30	1,28	1,26
повна стиглість			
0–10	1,30	1,28	1,27
10–20	1,39	1,36	1,35
20–30	1,45	1,44	1,38
0–30	1,38	1,36	1,33
НІР ₀₅ , г/см ³			0,04–0,06

При мілкому обробітку на глибину 12–14 см показники щільності складення ґрунту становили в кінці вегетації в 30-ти см шарі ґрунту 1,38–1,40 г/см³.

Важливим елементом оптимізації щільності складення в оброблюваному профілі ґрунту є верхній 0–10 см шар, який піддається найбільш інтенсивному розпушенню в процесі виконання технологічних операцій обробітку ґрунту. Це дозволяє утримувати мінімальний ступінь ущільнення порівняно з більш глибинними шарами 10–30 см. Переконливим доказом цієї наукової тези є показники щільності складення ґрунту в 0–10 см шарі чорнозему на початку

вегетації кукурудзи на зерно – 1,07–1,09 г/см³, в кінці вегетації – 1,27–1,30 г/см³; соняшнику – 1,09–1,11 г/см³ на початку вегетації, в кінці вегетації – 1,29–1,32 г/см³.

Таблиця 3.19

Вплив основного обробітку на щільність складення ґрунту в зерно-паро-просапній короткоротаційній сівоzmіні при вирощуванні соняшника, г/см³ (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Оранка		
	на 12–14 см	на 20–22 см	на 25–27 см
перед сівбою			
0–10	1,11	1,10	1,09
10–20	1,18	1,14	1,13
20–30	1,24	1,22	1,18
0–30	1,18	1,15	1,13
фаза цвітіння			
0–10	1,25	1,23	1,22
11–20	1,33	1,30	1,29
21–30	1,39	1,38	1,32
0–30	1,32	1,30	1,28
повна стиглість			
0–10	1,32	1,30	1,29
10–20	1,41	1,38	1,37
21–30	1,47	1,46	1,40
0–30	1,40	1,38	1,35
НІР ₀₅ , г/см ³			0,03–0,05

Таким чином, у зв'язку з загальною тенденцією ущільнення ґрунтів актуального значення набуває питання глибини обробітку ґрунту. Збільшення глибини оранки в 4-х пільній сівоzmіні з 12–14 см до 25–27 супроводжувалося стійким зниженням щільності складення ґрунту в усіх полях сівоzmіні протягом вегетаційного сезону на 14,1–21,9 %. Для систем землеробства степового екотипу важливим є проведення в сівоzmіні глибокого основного обробітку та введення чорного пару в сівоzmіні, яка є найбільш дієвим фактором ефективного регулювання щільності складення ґрунту. Важливо те, що експериментальні дані підтвердили достатньо високу буферність чорнозему, щодо зростання

ущільнення складення ґрунту і можливість застосування мілкої оранки на основі диференційованого використання знарядь обробітку ґрунту.

Враховуючи підвищену природно-техногенну щільність складення техноземів, регулювання її на рекультивованих моделях набуває технологічне вирішення питання використання таких земель (табл. 3.20.)

Таблиця 3.20

Щільність складення ґрунту в базових моделях техноземів, г/см³
(середнє за 2019–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Насипний родючий шар ґрунт	Лесоподібний суглинок	Червоно-бура глина	Сіро-зелена глина
II декада березня				
0–10	1,09	1,20	1,23	1,25
10–20	1,23	1,28	1,30	1,31
20–30	1,27	1,32	1,32	1,34
0–30	1,20	1,27	1,28	1,30
II декада червня				
0–10	1,16	1,27	1,30	1,33
11–20	1,30	1,36	1,38	1,39
21–30	1,35	1,40	1,40	1,42
0–30	1,27	1,34	1,36	1,38
II декада вересень				
0–10	1,19	1,31	1,34	1,35
10–20	1,33	1,37	1,42	1,42
21–30	1,38	1,44	1,42	1,47
0–30	1,30	1,37	1,39	1,41
НІР ₀₅ , г/см ³				0,04–0,07

Контролювання щільності складення ґрунту в системі рекультиваційних техноземів показало, що домінуючим фактором визначення є субстрат технозему. А саме, щільність складення насипного родючого шару ґрунту (чорнозем) становила протягом вегетаційного сезону – 1,09–1,38 г/см³, лесоподібного суглинка – 1,20–1,44 г/см³, червоно-бурої глини – 1,23–1,42 г/см³, сіро-зеленої глини – 1,25–1,47 г/см³.

3.3. Закономірності рухомості води в ґрунті, доступності її рослинам і умови вологозабезпечення

Для умов степової зони, яка відноситься до територій дефіцитного забезпечення вологоресурсами, актуальність проблеми посушливого клімату ніколи не знімалася з черги денної. На фоні глобального потепління клімату, яке призвело до підвищення середньорічної температури в степовій зоні за останні 20 років на 1,6 °C і експресивності та непередбачуваності гідротермічних характеристик протягом року, важливого значення набуває адаптивне наближення структури виробництва в землеробстві та удосконалення агротехнологій в напрямку акумулятивних та консервуючих властивостей агроценозів [23, 68, 151].

За даними багатьох відомих дослідників у структурі факторів, які визначають рівень продуктивності ріллі, забезпеченості вологою належить 45–60%. Багато резервів ще не використано у проблемі ефективних способів засвоєння вологи сільськогосподарськими культурами. Якщо в умовах посушливого Степу України на виробництві на формування 1 т зерна використовується 800–1000 м³, то в США за аналогічних умов в експериментах коефіцієнт вологоспоживання знижувався до рекордних 280 м³ [160, 394, 441].

В окремих технологічних і організаційних фрагментах землеробство недостатньо синхронно реагує на трансформацію клімату та уповільнено використовує можливості технічної і хімічної модернізації агровиробництва, пов'язані з вологозбереженням та колообігом води в агросистемах [15, 254, 449].

Масштаби недоступної втрати вологи можна скоротити на 30–40 % і більше за рахунок подолання забур'яненості посівів, зниження ерозійного стоку, покращання інфільтраційних властивостей ґрунту, зменшення випаровування вологи з поверхні поля, добору адаптивних технологій і сортів [20, 337, 392, 450, 453].

В цьому комплексі агросистемних питань чи не найголовніша – водорегулююча місія належить сівозмінам і основному обробітку ґрунту.

Метою наших досліджень передбачалось встановити особливості накопичення вологи в ґрунті та визначити головні елементи спрямованого використання її агроценозами, провести моніторинговий аналіз динаміки вологи в ґрунті на різних етапах вегетації культур сівозміни та виконання технологічних операцій, а також здійснити оцінку ефективності вологоспоживання різними культурами. Розкрити механізми акумуляції опадів залежно від інтенсивності основного обробітку ґрунту та протиерозійної ролі мульчувального екрану рослинних решток. Впровадити методику високощільного контролю водовбирної здатності ґрунту на основі показників його твердості.

Польові стаціонарні досліді проводились в 2017–2021 рр. на експериментальній базі ДУ Інституту зернових культур НААН України, ННЦ НДП ДДАЕУ, НДС РЗ ДДАЕУ. На стаціонарній ділянці ДУ ІЗК НААН України вміст гумусу в орному шарі ґрунту становив 3,98 %, щільність в окремі періоди коливалась в межах 1,18–1,34 г/см³, твердість 13,4–36 кг/см². За рівнем агрохімічної забезпеченості чорнозем на стаціонарній ділянці відноситься до середнього та підвищеного класу: нітратний азот – 21 мг на 1 кг сухого ґрунту, рухомий фосфор – 142 мг та обмінний калій – 187 мг.

В стаціонарному досліді, який закладено в 1998 році і який проходив декілька інноваційних реконструкцій, освоєні дві 5-пільні сівозміни: зерно-паро-просапна (пар чорний–пшениця озима–соняшник–ячмінь ярий–кукурудза на зерно) та зерно-просапна (горох–пшениця озима–соняшник–ячмінь ярий–кукурудза на зерно). Гідротермічні умови в роки проведення досліджень в загально визнаній тенденції глобального потепління мали своє ексклюзивне значення для культур з різними циклами розвитку. З усіх місяців року найбільш суттєво на 2,5–3,4 °С підвищувалася температура в лютому і серпні, що з одного боку сприяло прискоренню відновлення весняної вегетації озимих культур, а з іншого, викликало прискорене дозрівання пізніх культур.

В стаціонарному досліді вивчали системне застосування радикально різних прийомів основного обробітку ґрунту за механізмами переміщення ґрунтової маси, об'ємом розпушеної частини ріллі, протиерозійним характером

поверхні поля та особливостями концентрації поживних елементів і насіння бур'янів.

Діапазон знарядь обробітку ґрунту включав полицевий плуг, консервуючий чизель, важку дискову борону, сівалку для технології No-till.

З точки зору впливу на вологонакопичення позитивний результат оранка забезпечує в період, коли в гідротермічних умовах надходження вологи домінує над випаровуванням. Навпаки в посушливих умовах механічне здійснення цієї операції гранично ускладнюється внаслідок перенавантаження робочих органів плуга. Небезпеку також представляє низька водотривкість ґрунтових агрегатів та його розпорошеність [176].

Консервуючий чизельний обробіток ґрунту – це конструктивне поєднання характеристик існуючих основних прийомів обробітку. Чизельний ґрунтообробний агрегат одночасно дозволяє проводити глибоке розпушення, відмовитися від обертання скиби та створити надійний протиерозійний бар'єр. Проте поряд з високими інфільтраційними властивостями ґрунту чизельний обробіток потребує додаткового вирівнювання гребенистої поверхні поля.

Поширення дискового мілкового обробітку – це перш за все реакція на економічну ситуацію, в якій дуже важливо скоротити виробничі витрати і підвищити продуктивність праці. Фактично, це спосіб перевести основну частину функціонального навантаження на шар ґрунту 0–12 см та змоделювати всі ґрунтові процеси за аналогією з глибоким розпушенням. Частину питань щодо створення сприятливих ґрунтових умов дискування дозволяє вирішити, але проблематичним залишається внесення добрив на глибину кореневмісного шару, ущільнення ґрунту та висока ступінь забур'янення посівів.

Технологія No-till поки, що не знайшла свого рівноправного місця в системі основного обробітку ґрунту внаслідок недостатньої вивченості її екологічної та економічної ефективності. Головним тут є питання наскільки виправданим може бути збільшення використання хімічних засобів захисту посівів від шкідників, хвороб і бур'янів в балансі з економією витрат ресурсних і енергетичних матеріалів, яка виникає при скороченні технологічних операцій в

технології No-till. Точками подолання недоліків, які виникають в технології No-till, є ефективність заходів боротьби з бур'янами, реакція рослин на ущільнення ґрунту та водорегулююча здатність.

Для того, щоб контролювати динаміку накопичення і розходування вологи в ґрунті, її запаси визначали в період досягнення максимуму на початку весняно-польових робіт і мінімуму в кінці вегетації. За активний вологонакопичувальний період з початку сівби озимих культур до відновлення весняної вегетації запаси доступної вологи в ґрунті досягають своїх максимальних показників. Запаси доступної вологи в ґрунті на старті вегетаційного періоду характеризують роль попередників, обробітку ґрунту та його вологонакопичувальні властивості.

Нашими експериментальними дослідженнями доведено, що величина урожайності ранніх зернових культур на 50–60 % залежить від вихідних запасів ґрунтової вологи і на 40–50 % від кількості опадів під час вегетації. Для посівів пізніх культур значення вегетаційних дощів зростає до 55–70 %. При цьому актуальність ґрунтової вологи закономірно зростала в посушливі роки.

В паровому полі доступні запаси вологи в ґрунті протягом вегетації підтримувались в оптимальному стані: на фоні оранки в шарі ґрунту 0–150 см запаси вологи змінювались в межах 181–184 мм, чизельного обробітку – 180–185 мм, дискового обробітку – 176–180 мм та No-till технології – 170–175 мм (табл. 3.21).

В посівах всіх культур сівозміни проявлялася однозначна тенденція щодо зниження обсягів накопичення вологи одночасно із зменшенням глибини основного обробітку ґрунту. Так, наприклад, якщо на глибокій оранці і чизельному обробітку максимальні запаси вологи досягали 201–202 мм, то на мілкому дисковому і нульовому обробітках вони поступалися – 193–198 мм.

Показники доступної вологи в ґрунті в зерно-просапній сівозміні, де в першому полі в схемі сівозміни був посіяний горох, цей показник вже в II декаді червня в фазі цвітіння гороху знижувався на 67,3–68,9 % порівняно з чорним паром, і на кінець вегетаційного сезону (II декада липня / повна стиглість зерна) різниця становила 130–132 мм.

Таблиця 3.21

Запаси доступної вологи ґрунту в чорному пару та при вирощуванні гороху на фоні різних способів обробітку ґрунту, мм (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
II декада березня/перед сівбою*				
0–50	64/64*	66/65	64/63	60/60
0–100	137/136	138/138	132/130	128/127
0–150	181/180	180/181	176/175	170/169
II декада червня/фаза цвітіння				
0–50	66/42	67/38	62/39	61/38
0–100	137/86	139/83	133/83	130/84
0–150	182/124	182/123	178/120	172/117
II декада липня/повна стиглість зерна				
0–50	66/26	67/24	62/22	63/20
0–100	140/35	141/34	135/33	133/29
0–150	184/50	185/50	180/47	175/43
НІР ₀₅ , мм: для сівозмін – 12–15; для обробітку ґрунту – 9–12				

Примітка: * – чисельник (зерно-паро-просапна сівозмінна: чорний пар–пшениця озима–соняшник–ячмінь ярий–кукурудза на зерно); знаменник – (зерно-просапна сівозмінна: горох–пшениця озима–соняшник–ячмінь ярий–кукурудза на зерно)

Важливою характеристикою парового поля було те, що на кінець вегетаційного сезону перед сівбою пшениці озимої у верхньому посівному 0–50 см шарі ґрунту ріллі доступні запаси вологи знаходились в діапазоні 64–67 мм залежно від прийомів обробітку і сприяла одержанню повноцінних сходів пшениці озимої (табл. 3.22).

Суттєво нижчими показники продуктивних запасів вологи перед сівбою пшениці озимої після гороху в 50-ти сантиметровому шарі ґрунту були на рівні 22–28 мм. При цьому при мінімалізації основного обробітку ґрунту спостерігалось зменшення доступної вологи на 18–21 %.

Найбільш тривалий час без технологічного втручання знаходився ґрунт при вирощуванні пшениці озимої. Тому від початку сівби цієї культури, коли доступні запаси вологи в ґрунті становили на фоні оранки в 0–50 см шарі після гороху до 28 мм і після парового поля до 67 мм, на початку весняно-польових

робіт вони зростали після гороху до 68 мм і після парового поля до 72 мм.

Таблиця 3.22

Залежність запасів доступної вологи в ґрунті від основного обробітку при вирощуванні пшениці озимої, мм (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
перед сівбою				
0–50	67/28*	68/27	64/25	65/22
0–100	42/37	142/37	136/35	135/33
0–150	181/50	187/51	183/48	175/45
відновлення весняної вегетації				
0–50	72/68	71/68	69/65	67/63
0–100	152/144	150/143	147/138	145/133
0–150	202/191	201/190	198/186	193/180
повна стиглість зерна				
0–50	25/23	25/22	22/19	20/18
0–100	36/33	36/32	33/30	31/27
0–150	51/47	52/47	48/43	45/40
НІР ₀₅ , мм: для сівозмін – 11–14; для обробітку ґрунту – 8–11				

Примітка: див. табл. 3.21

На фоні мілкового дискування доступні запаси вологи в ґрунті в посівах пшениці озимої після відновлення весняної вегетації до повної стиглості зерна зменшувалися за таким графіком: 65–69 мм відновлення весняної вегетації, 20–25 мм при повній стиглості зерна.

При застосуванні прямої сівби пшениці озимої доступні запаси вологи в ґрунті протягом її вегетації були на рівні 18–67 мм, що помітно менше було ніж при більш інтенсивному розпушені чорнозему.

На початку весняно-польових робіт на фоні чизелювання і дискування запаси доступної вологи утримувалися у межах 65–71 мм в 0–50 см шарі ґрунту були оптимальними, що свідчить про сприятливі умови формування кореневої системи і освоєння кореневмісної сфери.

Глибока оранка перед початком цвітіння пшениці озимої зберігала свою здатність концентрувати вологу порівняно з мілкими обробітками ґрунту.

В посівах соняшнику від початку сівби до завершення вегетації спостерігалось зменшення показників продуктивних запасів вологи в ґрунті (табл. 3.23). Перед сівбою соняшника доступна волога в 50-ти см шарі ґрунті на фоні різних прийомів обробітку була на рівні 63–71 мм.

Таблиця 3.23

Залежність запасів доступної вологи в ґрунті від основного обробітку при вирощуванні соняшника, мм, (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
перед сівбою				
0–50	71/67*	71/66	68/65	68/63
0–100	147/140	147/141	138/135	135/132
0–150	190/184	189/184	185/180	180/175
фаза цвітіння				
0–50	36/32	35/30	34/30	33/28
0–100	84/80	83/77	80/75	78/74
0–150	124/119	125/118	120/116	128/115
повна стиглість				
0–50	12/11	12/10	10/8	9/7
0–100	16/13	17/14	14/12	12/11
0–150	21/18	22/17	18/16	16/14
НІР ₀₅ , мм: для сівозмін – 11–14; для обробітку ґрунту – 9–12				

Примітка: див. табл. 3.21

Необхідно відмітити, що вже на початку вегетаційного сезону в третьому полі сівозміни спостерігається різниця запасів доступної вологи в ґрунті між зерно-просапною та зерно-паро-просапною сівозмінами, яка складала 4–5 мм в 50 см шарі і 4–6 мм в 150-ти сантиметровому шарі ґрунту. Мінімальних значень продуктивних запасів вологи в посівах соняшнику показники набули в період повної стиглості насіння і становили при проведенні в якості основного обробітку ґрунту оранки в середньому в 50-ти сантиметровому шарі – 11–12 мм, чизельного розпушування – 10–12 мм, дискового обробітку – 8–10 мм та безпосередньої сівби – 7–9 мм.

В посівах ячменю ярого спостерігалася аналогічна тенденція щодо запасів доступної вологи в ґрунті залежно від прийому основного обробітку так і від

наявності парового поля в сівозміні. В посівах ячменю ярого згідно схем досліджуваних сівозмін зберігалася різниця в показниках доступної вологи в ґрунті, як на початку вегетації так і при повній стиглості зерна, за наявності чорного пару в сівозміні і при його відсутності (табл. 3.24).

Таблиця 3.24

Залежність запасів доступної вологи в ґрунті від основного обробітку при вирощуванні ячменю ярого, мм, (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
перед сівбою*				
0–50	65/62*	66/63	65/61	60/57
0–100	138/134	139/135	132/126	129/125
0–150	182/177	181/176	176/171	171/166
фаза колосіння				
0–50	50/47	47/45	44/43	41/41
0–100	89/86	85/83	83/83	83/83
0–150	129/124	126/123	122/120	118/117
повна стиглість зерна				
0–50	31/32	30/30	28/28	28/27
0–100	47/46	46/45	44/44	40/39
0–150	66/64	66/65	61/61	60/60
НІР ₀₅ , мм: для сівозмін – 10–13; для обробітку ґрунту – 8–11				

Примітка: див. табл. 3.21

В посівах кукурудзи від початку сівби до завершення вегетації спостерігалось найбільш стрімке зниження доступних запасів вологи на транспірацію і фізичне випаровування в 150 см шарі ґрунту, яке оцінювалось діапазоном від 182 до 28 мм на оранці, від 182 до 24 мм при використанні чизельного обробітку, від 178 до 24 мм при застосуванні мілкового дискування, від 165 до 21 мм при прямій сівбі (табл. 3.25).

При цьому вже під час викидання волоті або через 60 діб після сівби доступні запаси вологи всього профілю орного шару досягли критичних позначок. Цей факт свідчить про те, що в другій половині вегетації кукурудзи відчувала водну депресію і фактично переходила в повну залежність від атмосферних опадів.

Таблиця 3.25

Залежність запасів доступної вологи в ґрунті від основного обробітку при вирощуванні кукурудзи на зерно, мм, (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
перед сівбою				
0–50	67/64*	65/62	63/61	61/59
0–100	138/136	139/137	134/131	122/126
0–150	182/178	182/179	178/174	165/170
фаза цвітіння				
0–50	34/33	32/32	34/34	30/30
0–100	85/83	79/79	80/79	78/78
0–150	125/122	121/120	120/119	129/118
повна стиглість				
0–50	17/16	16/15	14/14	13/13
0–100	19/19	20/20	18/18	16/16
0–150	28/27	24/23	24/24	22/21
НІР ₀₅ , мм: для сівозмін – 11–14; для обробітку ґрунту – 9–11				

Примітка: див. табл. 3.21

Дослідженнями проведеними на науково-дослідному полі Навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету з вивчення особливості трансформації продуктивних запасів вологи в ґрунті залежно від проведення в якості основного обробітку різноглибинної оранки показали, що оранка є ефективним агротехнічним заходом, який при правильному застосуванні може значно покращити накопичення і використання вологи.

Дослідження проводили в 4-х пільній сівозміні чорний пар–пшениця озима–соняшник–кукурудза на зерно, де основний обробіток ґрунту виконували полицевим плугом ПО-3-35 на глибину 12–14 см, 20–22 см, 25–27 см.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що при виконанні різноглибинної оранки в якості основного обробітку ґрунту в системі чорного пару, під соняшник та кукурудзу доступні запаси вологи в ґрунті змінювалися залежно від глибини обробітку та періоду вегетаційного сезону.

В системі чорного пару полицевий основний обробіток ґрунту забезпечував на протязі всього періоду парування оптимальні значення продуктивних запасів вологи в різних шарах ґрунту (табл. 3.26). Наприклад, показники доступної вологості ґрунту в 150 см шарі становили на всіх дослідних варіантах обробітку в діапазоні 210–217 мм. Відмічена тенденція до зменшення продуктивних запасів вологи в ґрунті із зменшенням глибини оранки.

Таблиця 3.26

Вплив основного обробітку на запаси доступної вологи в зерно-паро-просапній короткоротаційній сівозміні в чорному пару, мм
(середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Оранка		
	на 12–14 см	на 20–22 см	на 25–27 см
II декада березня			
0–50	75	79	81
0–100	142	145	152
0–150	210	214	217
II декада червня			
0–50	71	74	75
0–100	140	142	145
0–150	204	206	208
II декада серпня			
0–50	75	74	81
0–100	143	145	153
0–150	211	214	219
НІР ₀₅ , мм	9–12		

При вирощуванні пшениці озимої в сівозміні після чорного пару, в системі обробітку якого проводилася різноглибина оранка, проявилася тенденція до зменшення запасів доступної вологи в ґрунті при зменшенні глибини обробітку (табл. 3.27).

Так, наприклад в 0–150 см шарі ґрунту перед сівбою пшениці озимої доступні запаси вологи при виконанні оранки на 25–27 см становили 220 мм, а вже при оранці на 12–14 см запаси доступної вологи були на рівні 212 мм. При повній стиглості зерна запаси доступної вологи в ґрунті в 0–50 см практично були рівними за різної глибини обробітку ґрунту і становили в межах 5–6 мм. В

0–150 см шарі ґрунту різниця за показниками вологості ґрунту знаходилася в межах 3–6 мм.

Таблиця 3.27

Вплив основного обробітку на запаси доступної води в ґрунті в короткоротаційній зерно-паро-просапній сівоzmіні при вирощуванні пшениці озимої, мм (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Оранка		
	на 12–14 см	на 20–22 см	на 25–27 см
перед сівбою			
0–50	74	75	82
0–100	144	146	154
0–150	212	216	220
відновлення весняної вегетації			
0–50	66	68	69
0–100	139	143	146
0–150	203	204	206
повна стиглість			
0–50	6	5	5
0–100	20	24	27
0–150	25	28	31
НІР ₀₅ мм	8–11		

При вирощуванні кукурудзи на зерно в зерно-паро-просапній сівоzmіні доступні запаси води в ґрунті залежно від глибини оранки мали відповідні закономірності і тенденції. Так, на початку вегетаційного сезону перед сівбою запаси доступної води в ґрунті в шарі 0–50 см були в оптимальному діапазоні і становила від 74–79 мм (табл. 3.28). В глибших шарах ґрунту в період сівби кукурудзи математично доведена різниця за показником доступних запасів води в ґрунті між оранкою на 25–27 см, 20–22 см та 12–14 см і вона становила від 1,4 до 3,8 %.

В наступні фази розвитку кукурудзи проявилася значна тенденція до зменшення показнику продуктивних запасів води в ґрунті і мінімальні їх значення відмічалися при повній стиглості рослин, які становили в 0–50 см шарі – 8–13 мм, в 0–100 см шарі – 17–24 мм та в 0–150 см шарі – 21–28 мм.

Таблиця 3.28

Вплив основного обробітку на вологість ґрунту в зерно-паро-просапній короткоротаційній сівозміні при вирощуванні кукурудзи на зерно, мм (середнє за 2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Оранка		
	на 12–14 см	на 20–22 см	на 25–27 см
перед сівбою			
0–50	74	78	79
0–100	149	151	155
0–150	206	208	212
12–13 листків			
0–50	43	46	48
0–100	78	80	84
0–150	121	124	125
повна стиглість			
0–50	8	11	13
0–100	17	20	24
0–150	21	26	28
НІР ₀₅ , мм	5–9		

При вирощуванні соняшника в 4-х пільній сівозміні: чорний пар–пшениця озима–кукурудза на зерно–соняшник, були відмічені аналогічні тенденції щодо запасів доступної вологи, які повторювалися в закономірностях до кукурудзи на зерно (табл. 3.29). Запаси доступної вологи ґрунту в 50–ти сантиметровому шарі на початку вегетації становили – 72–76 мм, в 100 см шарі –144–152 мм, в 150 см 204–209 мм. В кінці вегетаційного періоду доступні запаси вологи в 150 см шарі ґрунту практично були відсутні і становили 19–24 мм.

Розподіл вологи в ґрунтовому профілі характеризувався тим, що переважна частина вологи зосереджувалася в 50–100 см шарі і дещо нижчою (на 6–10 мм) була в глибших шарах 100–150 см.

Таким чином, з точки зору впливу різних прийомів обробітку ґрунту на вологонакопичення одним з вирішальних факторів виступає його щільність та глибина первинного акумулятивного шару, або, простіше, об’єм розпушеного ґрунту.

Рівень вологоспоживання та характер використання води культур попередників також розповсюджувався на весняні запаси доступної води перед сівбою наступних культур сівозміни. Великі обсяги використання води пізніми культурами, такими як кукурудза на зерно і соняшник, а також інтенсивна транспірація включно до I декади серпня спричинили неможливість повного відновлення запасів ґрунтової води до рівня польової вологості.

Таблиця 3.29

Вплив основного обробітку на запаси доступної води в зерно-паро-просапній короткоротаційній сівозміні при вирощуванні соняшника, мм (2017–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Оранка		
	на 12–14 см	на 20–22 см	на 25–27 см
перед сівбою			
0–50	72	75	76
0–100	144	147	152
0–150	204	207	209
фаза цвітіння			
0–50	39	42	43
0–100	73	75	80
0–150	118	121	122
повна стиглість насіння			
0–50	6	8	11
0–100	14	16	21
0–150	19	24	24
НІР ₀₅ , мм	8–10		

В той же час завершення періоду максимального водоспоживання у ранніх зернових культур наставав набагато раніше – в кінці II декади червня. Тобто агроценоз ранньої групи культур переходив із стадії споживання води до стадії її накопичення.

В результаті прояву дії такого механізму регулювання вологоспоживання запаси доступної води перед сівбою пшениці озимої, соняшнику і кукурудзи на зерно (після гороху, пшениці озимої, ячменю ярого) були вищими і становили 187–191 мм.

Після пізніх культур перед сівбою гороху, ярого ячменю вихідні запаси вологи були дещо меншими – 180–184 мм.

Показники залишкової кількості вологи в ґрунті після завершення вегетації сільськогосподарських культур вказують не тільки на обсяги використання води агроценозами, але й ставлять завдання щодо вибору системи вологозберігаючого обробітку ґрунту. На період сівби озимих культур визначення запасів вологи показало, що вони радикально знизилися до 14–50 мм в 0–150 см шарі. При цьому на рівень зволоження позначився вплив як культур сівозміни, так і прийоми основного обробітку ґрунту, залишалися визначальним фактором формування вологозапасів. Перевагу тут мали ранні культури: горох, пшениця озима і ячмінь ярий, які залишали після себе на фоні чизельного обробітку – 50–51 мм, а в технології No-till – 42–45 мм. В агротехніці обробіток ґрунту виконував дві функції: збереження вологи, яка залишилася після збирання врожаю попередників, і акумуляція та накопичення опадів в передзимовому сезоні. За умов прояву різних компенсаторних процесів у проблемі вологоспоживання незначну перевагу в 4–7 мм мав глибокий обробіток – оранка, чизелювання.

Розширення уявлення про водно-фізичні властивості еволюційних і техногенних ґрунтів та особливості режимів вологоспоживання сільськогосподарських культур надали експерименти на фоні різних технобіогенних моделей рекультиваційного походження в зоні розробки марганцевих руд (табл. 3.30)

Результати вивчення динаміки запасів ґрунтової вологи в різних технобіогенних системах показали, що вологість ґрунту залежала від характеру рослинного покриву, активності землекористування і якісного походження ґрунтової маси.

Рекультиваційна модель штучного агроландшафту на основі використання глибинних гірничо-рудних порід з важкими агрофізичними властивостями, таких як сіро-зелені і червоно-бурі показники загальних запасів вологи становили на початку вегетаційного сезону в 0–50 см шарі ґрунту – 109,9 мм і 121,7 мм, відповідно. В II декаді вересня цей показник становив 93,4–101,5 мм.

Таблиця 3.30

Загальні запаси вологи в базових моделях техноземів, мм
(середнє за 2019–2021 рр.)

Шар грунту, см	Насипний родючий шар грунт	Лесоподібний суглинок	Червоно-бура глина	Сіро-зелена глина
II декада березня				
0–20	46,2	48,1	51,9	55,0
0–50	97,0	101,6	109,9	121,7
II декада червня				
0–20	36,8	41,3	47,2	49,3
0–50	83,2	91,3	98,0	112,3
II декада вересень				
0–20	28,9	35,0	42,6	44,0
0–50	72,6	82,3	93,4	101,5
НІР ₀₅ , мм				8,1–11,3

Аналіз продуктивності агробіоценозів не завжди має прямий корелятивний зв'язок з продуктивними запасами вологи, тому що в цій статистичній комбінації не враховується рівень опадів вегетаційного періоду і особливостей посилення її впливу залежно від технології використання агробіоценозів. Тобто для повноти аналізу колообігу вологи в різних технобіогенних комплексах важливо знати особливості використання опадів вегетаційного періоду.

При цьому було встановлено, що кращий ріст і розвиток рослин спостерігається на ділянках з глибшим проникненням вологи в ґрунт одразу після випадіння дощів. Лінія розмежування вологої і сухої зони визначалася твердоміром по принципу різкого зростання твердості ґрунту з входженням в суху частину профілю ріллі.

Як виявилось, фактор використання води опадів вегетаційного періоду є також залежним від біології і агротехніки вирощування сільськогосподарських культур. Встановлено, що системне застосування окремих прийомів основного обробітку ґрунту має свою тривалу післядію на водопроникність орного шару ґрунту.

Виявилось, що більш ефективно волога дощів акумулювалася на фоні оранки, де глибина зволоженого шару залежно від культури досягала 12–25 см. До мінімуму 8–12 см зменшувалась глибина промокання на ущільненому ґрунті після прямої сівби (табл. 3.31).

На момент досягнення пшеницею озимою повної стиглості та фази викидання волоті кукурудзою перевагу щодо інфільтрації вологи мали просапні культури, на яких зволожений шар досягав 13–25 см, проти 8–16 см в посівах зернових колосових культур.

Таблиця 3.31

Вплив сівоzmіни і обробітку ґрунту на глибину проникнення опадів інтенсивністю 12 мм (середнє за 2017–2019 рр.)

Культури	Фаза розвитку	Обробіток ґрунту			
		Оранка	Чизельний	Мілкий дисковий	No-till
Чорний пар	початок липня	<u>27</u>	<u>26</u>	<u>17</u>	<u>13</u>
Пшениця озима	повна стиглість	<u>16</u> 94	<u>16</u> 92	<u>15</u> 90	<u>12</u> 87
Соняшник	цвітіння	<u>25</u> 162	<u>22</u> 157	<u>18</u> 148	<u>15</u> 140
Ячмінь ярий	повна стиглість	<u>12</u> 73	<u>12</u> 70	<u>10</u> 67	<u>8</u> 62
Кукурудза	викидання волоті	<u>24</u> 172	<u>22</u> 168	<u>17</u> 159	<u>14</u> 151

Чисельник: глибина залягання твердого шару ґрунту, см;

Знаменник: висота рослин, см.

Застосування нової методики оцінки водорегулюючої ролі агроприйомів дозволило розкрити механізми корелятивних зв'язків між акумуляцією вологи і продуктивністю зернових та олійних культур. Всі культури сівоzmіни позитивно реагували на твердість ґрунту і глибину фільтрації вологи. Так, наприклад, при глибині промокання 12 см висота рослин ячменю ярого становила 73 см, а за погіршення фільтрації до 8 см цей біопараметр зменшувався до 62 см. Аналогічна залежність спостерігалась і на посівах кукурудзи: за промокання

грунту до 24 см висота рослин досягала 172 см, за 14 см на фоні No-till лінійний приріст знижувався до 151 см.

Багаторазова фіксація процесів зміни водно-фізичних властивостей ґрунту після опадів протягом вегетації показала, що перевага краще розпушеного ґрунту формувалася за рахунок сумарного накопичувального ефекту, який проявився у величині сформованого урожаю. Поступове зростання інтенсивності обробітку ґрунту від технології No-till до глибокої оранки супроводжувалось зростанням урожайності зерна кукурудзи з 4,26 т/га до 4,72 т/га, а ярого ячменю – з 2,35 до 3,16 т/га. Про стабільність і синхронність впливу показників воднофізичного комплексу на урожайність свідчить аналогічна реакція пшениці озимої і соняшнику.

Таким чином, сівозміни, прийоми основного обробітку ґрунту та рекультиваційні моделі відновлених агроландшафтів мають значний вплив на вологорегулювання в агроценозах. В сівозміні на традиційній ріллі найбільші запаси доступної вологи в ґрунті на початку весняно-польових робіт накопичуються в посівах озимої пшениці, соняшника та кукурудзи, а на рекультивованих ландшафтах – в моделі з насипним чорноземом південним.

3.4. Агросистемні методи регулювання вологоспоживання в агроценозах

Південна частина території України внаслідок температурного і водного дисбалансу виявилася в зоні загострення дефіциту вологи, що призвело до зниження гідротермічного коефіцієнта до 0,43–0,69, погіршення умов для росту та розвитку польових культур, а північна – завдяки потеплінню та достатній кількості опадів, навпаки, стала більш сприятливою зоною для формування вищих урожаїв. За такої гідротермічної ситуації рівень забезпеченості вологою виявився домінантним порівняно з показниками родючості ґрунтів [15, 64, 191, 415].

Значне підвищення температури позначилось і на деяких технологічних нормативах: терміни сівби ярих культур за таких умов можливо зміщувати на 10

діб у бік більш ранніх, а озимих культур – на 10–12 діб у бік більш пізніх, крім того, до збирання врожаю приступати на 10–15 діб раніше. Важливо також, що при цьому підвищується потенціал ґрунтової мікрофлори щодо переходу складних органічних форм решток сільськогосподарських культур у продукти стабілізації родючості ґрунтів (гумус).

Незважаючи на територіальну компактність України, ґрунтово-кліматичні характеристики, які визначають урожайність по зонах, надто різняться. Так, вміст гумусу в орному шарі в зоні Степу, Лісостепу і на Поліссі у середньому варіює від 1,9 до 3,5 %, кількість річних опадів – від 310 до 760 мм, гідротермічний коефіцієнт – від 0,4 до 1,8 [3, 6].

Основним лімітуючим фактором землеробства степової зони України, що обмежує рівень ефективності застосовуваних агрозаходів і урожайність зерна вирощуваних культур, є посушливість клімату.

Запровадження правильних сівозмін позитивно впливає на регулювання водного режиму в посівах шляхом економного споживання доступної вологи культурними рослинами і більш раціонального використання біокліматичного потенціалу регіону [149, 193, 204]. Тому важливим напрямком розвитку й удосконалення систем землеробства є розробка, дослідження і впровадження ґрунтозахисних і екологічно спрямованих сівозмін, які б забезпечували високий рівень виробництва рослинницької продукції за ефективного використання ґрунтових, ландшафтних, біологічних факторів, традиційних і нетрадиційних органічних добрив та раціонального застосування агрохімікатів.

З метою вивчення доцільності впровадження таких сівозмін і з'ясування особливостей забезпечення вологою вирощуваних культур в дослідках ДУ Інститут зернових культур НААН України проводились дослідження в трьох 8-пільних сівозмінах: зерно-паро-просапній (чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соя – ячмінь – горох – озима пшениця – соняшник), зерно-просапній (зайнятий пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соя – ячмінь – горох – пшениця озима – соняшник), зерно-трав'яно-просапній (сидеральний пар – озима пшениця – кукурудза на зерно – ячмінь + люцерна – люцерна – люцерна

– озима пшениця – соняшник). Досліджувались чотири системи удобрення ґрунту в сівозміні (внесено на гектар сівозмінної площі з урахуванням агрохімічної діагностики): 1 – без добрив (контроль); 2 – органічна (гній 12,5 т); 3 – органо-мінеральна (гній 7,5 т/га + $N_{26}P_{21}K_{19}$); 4 – мінеральна ($N_{62}P_{49}K_{49}$). Догляд за посівами – відповідно до рекомендованої зональної технології.

Протягом 2011–2015 рр. досліджувалась динаміка доступної вологи в ґрунті під посівами культур у перелічених вище сівозмінах.

Найбільш важливою продовольчою культурою Степу є пшениця озима, яку для отримання максимального урожаю необхідно вирощувати після кращих попередників із запровадженням оптимальної системи удобрення ґрунту [266, 331]. У наших дослідках озимину в сівозмінах вирощували після чорного, зайнятого, сидерального пару, гороху та люцерни.

Рівень урожайності пшениці озимої значною мірою визначається запасами доступної вологи, яка накопичується в шарі ґрунту 0–20 см на час проведення сівби; для отримання дружніх сходів у ньому має міститись не менш як 20 мм доступної рослинам вологи. За роки досліджень з'ясовано, що вміст доступної вологи в шарі ґрунту 0–20 см по чорному пару становив 20,0–25,2 мм, зайнятому і сидеральному – 17,6–21,4; люцерні та гороху – 14,8–20,9; кукурудзі на силос – 12,2–18,7 мм.

В посушливому Степу ризик втрати врожаю виправдовується введенням у сівозміну поля чорного пару.

Протягом вегетації найбільш сприятливий водний режим для росту і розвитку рослин пшениці озимої був після чорного пару, що й забезпечило отримання найвищих показників урожайності зерна – 5,54–5,78 т/га (табл. 3.32). При визначенні вологозабезпеченості посівів пшениці озимої після гороху і сидерального пару виявилось, що в середньому різниця в показниках становила 20–22 % порівняно з чорним паром. Урожайність зерна після цих попередників дорівнювала 4,82–5,46 т/га.

Найбільш напружений режим забезпечення вологою був у посівах, що йшли після люцерни, де під час сівби пшениці вологи у ґрунті містилось майже

втричі менше, ніж у варіантах з чорним паром. На час відновлення вегетації запаси вологи поповнювались по всіх попередниках, але після люцерни доступної вологи було на 10–12 % менше, ніж після інших попередників. Разом з тим слід відзначити, що після люцерни, внаслідок поповнення ґрунту органічною речовиною, в удобрених варіантах одержано досить високу урожайність зерна – 4,22–4,87 т/га.

Таблиця 3.32

Динаміка вмісту доступної вологи у шарі ґрунту 0–150 см в посівах пшениці озимої залежно від попередників та системи удобрення, мм (середнє за 2011–2015 рр.)

Система удобрення	Строк визначення	Попередники				
		чорний пар	зайнятий пар	сидеральний пар	горох	люцерна
Без добрив	сівба	200	119	124	125	72
	відновлення вегетації	223	220	223	216	197
	збирання	78	82	65	58	39
Органічна	сівба	201	116	121	127	72
	відновлення вегетації	222	222	220	216	194
	збирання	78	80	64	57	41
Органо-мінеральна	сівба	191	109	118	122	64
	відновлення вегетації	214	216	211	212	189
	збирання	75	86	60	61	38
Мінеральна	сівба	186	98	110	112	55
	відновлення вегетації	208	208	205	205	185
	збирання	70	79	55	55	34
НІР ₀₅ , мм		8–10				

Проведені дослідження дали можливість скласти баланс доступної ґрунтової вологи у цих сівозмінах залежно від систем удобрення (табл. 3.33).

Отримані результати свідчать, що незалежно від кількості атмосферних опадів, накопичення доступної вологи у півтораметровому шарі ґрунту, перш за все, визначається структурою посівних площ у сівозміні. Чим вищий відсоток зернових культур, тим більше накопичується. Така закономірність спостерігалась незалежно від удобрення ґрунту в сівозміні.

Залежно від системи удобрення простежувалась стійка тенденція до незначного підвищення вмісту води у варіантах зі зменшенням обсягів внесення добрив, що пояснюється наявністю більш високих залишкових запасів води у зв'язку з формуванням нижчого урожаю, а тому і меншими витратами води.

Таблиця 3.33

Баланс води в ґрунті сівозмін залежно від системи удобрення
(в середньому за 2011–2015 рр.)

Сівозмінна	Удобрення	Урожайність сухої речовини, т/га	Запас води в шарі 0–150 см, мм		Витрати води, мм	Волого-господарство, м³/т урожаю
			сівбярний культур	збирання		
Зерно-паро-просапна	1*	6,42	204	75	329	50,76
	2**	7,22	201	73	331	45,82
	3***	7,42	197	71	327	44,15
	4****	7,65	186	67	325	42,52
Зерно-просапна	1	6,46	200	60	334	51,72
	2	7,03	196	58	334	47,60
	3	7,52	194	56	326	43,35
	4	7,50	188	56	323	43,07
Зерно-трав'яно-просапна	1	5,64	188	58	313	53,83
	2	5,96	185	57	302	50,59
	3	6,14	180	54	301	48,94
	4	6,14	175	50	295	48,78
НІР ₀₅ , т/га						0,11–0,13

Примітка: внесено на 1 га сівозмінної площі: * Без добрив. ** 12,5 т гною. *** 7,5 т гною та N₂₆P₂₂K₂₂. **** N₆₂P₄₉K₄₉.

Сумарні витрати води культурами за вегетаційний період у сівозмінах відрізнялись несуттєво і найвищими були у зерно-паро-просапній сівозміні (327–331 мм), а мінімальними – у зерно-трав'яно-просапній (295–313 мм). Залежно від системи удобрення сумарні витрати води виявилися практично однаковими в межах сівозміни, однак простежувалась певна тенденція до їх зменшення в удобрених варіантах дослідів.

Витрати води на одиницю продукції у варіанті без добрив,

мінімальними і практично однаковими виявились у зерно-паро-просапній та зерно-просапній сівозмінах (50,76 м³/т та 51,72 м³/т) і найбільшими – у зерно-трав'яно-просапній сівозміні (53,83 м³/т).

Щодо накопичення вологи за оранки і мілкового обробітку, з'ясувалося, що вологозабезпеченість агроценозу кукурудзи при обертанні скиби була кращою і становила 384–386 мм (табл. 3.34). Погіршення умов інфільтрації води на фоні мілкового обробітку ґрунту призводило до деякого зменшення запасів вологи у ґрунті – до 374–378 мм.

Таблиця 3.34

Вплив прийомів контролювання рівня забур'яненості на
вологоспоживання кукурудзи (середнє за 2011–2014 рр.)

Спосіб обробіток ґрунту	Гербициди	Волого- забезпе- ченість, Мм	Використання вологи, мм		Врожай- ність зерна, т/га	Витрати вологи на 1 т зерна, мм
			бур'я- нами	куку- рудзою		
Поли- цевий	Контроль без догляду	386	301,0	85	13,6	284,2
	Контроль без бур'янів	384	0	384	6,14	62,5
	Герб 2,0 л/га + таск 250 г/га	386	32,0	353	5,66	68,1
	Герб 2,0 л/га + + таск 250 г/га + МО *	384	5,0	378	6,06	63,3
Безпо- лицевий	Контроль без догляду	378	317,0	61	9,1	415,3
	Контроль без бур'янів	375	0	375	5,60	66,9
	Герб 2,0 л/га + таск 250 г/га	377	62,0	315	4,71	80,0
	Герб 2,0 л/га + + таск 250 г/га + МО	374	5,0	368	5,51	67,8
НІР ₀₅ , т/га						
для способів обробітку ґрунту						0,09–0,12
для застосування гербицидів						0,10–0,13
для взаємодії						0,12–0,14

Примітка: * МО – міжрядний обробіток ґрунту.

Якщо рівень вологозабезпечення меншою мірою зазнає впливу агротехнологічного регулювання, то вологоспоживання кукурудзи суттєво залежить від ефективності заходів знищення бур'янів.

За відсутності біологічної конкуренції між культурними рослинами і бур'янами всі вологоресурси були використані кукурудзою на формування власної біомаси, тому витрати води на одержання 1 т зерна були мінімальними. При цьому коефіцієнт вологоспоживання рослин кукурудзи залежно від прийомів основного обробітку ґрунту варіював у межах 62,5–66,9 мм води на 1 т зерна.

За відсутності ефективної системи знищення бур'янів, як найбільш шкідливого компонента щодо споживання води в агроценозі, кукурудза недоодержує 310–317 мм водного ресурсу. Застосування комплексу агротехнічних заходів догляду за посівами з внесенням гербіцидів уможливорює спрямувати 368–378 мм води на підвищення продуктивності культурних рослин.

Спираючись на науково доведені приклади, можна констатувати, що система захисту рослин від бур'янів є найбільш ефективним заходом вологорегулювання в агроценозах.

Як не дивно, але незаперечним є факт, що на кругообіг води в посівах культурних рослин впливають економічні складові і розвиток ринку. Специфіка ринкової економіки та надання переваги високоліквідним культурам являють собою істотну перешкоду на шляху до обов'язкового дотримання науково обґрунтованих рекомендацій ведення землеробства. За такої ситуації нагальною потребою є термінове розроблення нових організаційних і технологічних оптимальних правил у землекористуванні.

Основний обробіток ґрунту впливає на накопичення в ґрунті доступної води, але не відіграє головної ролі у формуванні рівня врожайності сільськогосподарських культур. Наприклад, в таблиці 3.35 різниця в запасах води між принципово різними прийомами, такими як оранка і No-till, становить 13 мм, а урожайність при цьому може коливатись від 0,84 до 2,31 т/га.

Повнота продуктивного використання води рослинами, поряд з її запасами в ґрунті, великою мірою залежить від таких чинників, як бур'яни, добрива, фітосанітарний стан посівів культурних рослин, інтенсивність сортів, строки сівби. Частка вторинних факторів у регулюванні запасів води становить 50–60 % від наявної їх кількості.

Таблиця 3.35

Залежність динаміки запасів води в посівах кукурудзи від прийомів основного обробітку ґрунту в шарі 150 см, мм (середнє за 2011–2014 рр.)

Строк визначення	Обробіток ґрунту				
	оранка	мілкий плоско- різний	мілкий дисковий	мілкий дисковий, агрегат для прямої сівби	No-till
Збирання попередника	33	39	35	32	38
Входження в зиму	107	88	95	99	94
Перед сівбою кукурудзи	195	185	181	186	182
Фаза 12–13 листка у кукурудзи	122	116	112	122	115
Збирання врожаю кукурудзи	14	23	21	18	18
НІР ₀₅ , мм	4–7				

Кругообіг води в агроценозах – це складний механізм, в якому беруть участь всі технологічні елементи. З одного боку, це запаси води в ґрунті, з іншого – здатність посівів культур сівозміни продуктивно їх використовувати або активізувати у процесі транспірації. Системний аналіз вологоспоживання в агроценозі показав, що за рахунок попередників можливо додатково задіяти 40–55 мм води, ефективного знищення бур'янів – 55–80 мм, основного обробітку ґрунту – 10–25 мм, оптимізації поживного режиму – 10–15 мм.

Важелів регулювання вологоресурсів достатньо, але важливо завжди пам'ятати, що втрати, спричинені порушенням правил лише в одній технологічній ланці, не можна компенсувати за рахунок решти агроприйомів.

3.5. Удосконалення класичних методів визначення вологості ґрунту в сучасних системах землеробства

Вода в агробіоценозах є одним з найважливіших елементів фазового стану ґрунтів. По суті фізичний і фізіологічний потік води з розчиненими в ній поживними речовинами і є проявом життя в агробіосистемі.

У теоретичному аспекті важливим питанням є динаміка накопичення і витрачання води в системі «ґрунт – рослина» залежно від гідротермічних умов, властивостей ґрунту та особливостей водоспоживання сільськогосподарських культур, а в практичному – здатність агроценозів раціонально використовувати вологоресурси і формувати високу продуктивність. Для того щоб з'ясувати особливості складних процесів накопичення вологи в ґрунті і рослинах та її використання, необхідно добитися високої точності методів контролювання динаміки вологи в різних сегментах агробіоценозів та на різних стадіях їх формування [149, 407, 452].

Основи методології і технічного визначення вологості ґрунту були закладені на початку ХХ ст. американським вченим Д. Хельсом і відомими ґрунтознавцями О. А. Роде та Н. А. Качинським, які в сучасних умовах залишаються практично незмінними, за винятком деякої їх модифікації, викликані появою удосконалених технічних засобів [140–141, 454, 498].

Вивчення проблеми удосконалення методів та механізмів визначення запасів вологи в ґрунті проводилося у 2014–2021 рр. в умовах ННЦ НДП ДДАЕУ, польового стаціонару ДУ ІЗК НААН України, науково-дослідної станції з рекультивації земель ДДАЕУ з використанням бази даних, одержаних у польових дослідках, на підставі лабораторних аналізів і в процесі формування статистичних моделей виходу на певні показники вологи в ґрунті. В експериментах використовували як класичний метод визначення вмісту вологи в % від сухої маси, так і запропонований, в основу якого покладено визначення вмісту вологи (%) у вологому зразку ґрунту.

Для визначення частки впливу окремих агробіоценотичних факторів об'ємної та сегментованої (%) кількості води в ґрунті введено коефіцієнт водно-фізичної пропорції. Частку впливу окремих агробіоценотичних факторів (бур'яни, сівозміни, обробіток ґрунту тощо) на обсяги продуктивного використання вологи сільськогосподарськими культурами визначали методом розподілу балансу вологи між компонентами агроценозу.

Найбільш поширений і популярний ваговий метод визначення вологості ґрунту являє собою відбір зразка ґрунту з природною вологістю, термічне сушіння до повного випаровування води з нього та статистичну обробку одержаних показників з перерахунком на параметри вмісту вологи в ґрунті (%) або запаси води за величиною об'єму (мм).

Абсолютно всі вчені погоджуються з тим, що методичний інструментарій не тільки визначає якість наукових досліджень і одержання нових знань, але й сам по собі є продуктом відповідної епохи стосовно способів виробництва в сільському господарстві та промисловості.

Свого часу не було досконалих бурів для вертикального відбору зразків ґрунту, контейнерів для їх зберігання, електротермостатів з регулюванням температурного режиму. Ніхто навіть не здогадувався про можливість дистанційного визначення вологості ґрунтів за допомогою електронного бомбардування та існування маркерів для ідентифікації показників [469, 494].

Як правило, питання водоспоживання вивчалися в обмеженому просторі лізіметрів на окремих стадіях розвитку рослин, що унеможливлювало охопити всі особливості використання вологи, характерні повноцінному агробіоценозу. Слід також враховувати, що урожайність сільськогосподарських культур того часу становила 0,7 т/га проти сучасних 8,0–10,0 т/га зерна. Інтенсивність обробітку ґрунту в 3–4 рази поступалася нинішньому, практично в сільському господарстві не застосовувалися мінеральні добрива і хімічні засоби захисту рослин.

Значні масиви одержаних і оброблених експериментальних даних з питань вивчення кругообігу в різних агробіоценозах дали можливість нам встановити

системну помилку, яка була закладена класиками землеробства в методику визначення вологості ґрунту. Потрібно відзначити, що причиною такої деформації і відхилення від об'єктивності була слабка матеріально-технічна база науки, відсутність достатнього досвіду і масовості проведення аналізів, а також перенесення аналогів із суміжних напрямків науки.

Загалом мова йде про те, що розробники методики визначення вологості ґрунту під впливом вказаних факторів в основу розрахунків поклали співвідношення між масою ґрунтової вологи і сухою масою ґрунту, в якому вона міститься. Поштовхом для цього було те, що при визначенні вмісту поживних речовин в рослинах перш за все виходять з показника їх сухої маси.

Так, формула V/M (V – маса вологи в ґрунті, г; M – суха маса ґрунту, г) має право на існування як показник, який характеризує за принципом коефіцієнта кількості води, що припадає на одиницю сухої маси ґрунту. Автори первинної методики поглиблюють помилку шляхом переведення коефіцієнта в %.

Оскільки коефіцієнт водоутримуючої здатності ґрунту не може бути переведений в % тому, що поняття «відсоток» стосується в першу чергу аналізу внутрішньої структури об'єктів або порівняння різних за одномірними параметрами об'єктів, то запропонований математичний механізм призводить до суттєвого викривлення оцінки обсягів води в агросистемах. Так, наприклад, якщо за традиційної методики в зразку 80 г сухого ґрунту і 20 г вологи відносний показник води становить $(20 \div 80) \times 100 = 25 \%$, то за фізично обґрунтованого $(20 \div 100) \times 100 = 20 \%$. Тобто за прийнятої моделі виникає віртуальна або удавана частка вологи, яка статистично не має свого підтвердження.

Ланцюг неточностей і розбіжностей в трактуванні елементів розрахунку вологості продовжує існувати і в процесі переведення її ґрунтових запасів у вигляді товщі шару, зайнятого водою, на обраній площі ділянки.

Головна колізія у питанні визначення вологості і запасів води в ґрунті полягає в одночасному існуванні термінів вологості в загальноприйнятому розумінні (відношення частки до цілого) і пропорційному (відношення частки до частки).

Дотримання позиції розрахунку вологості через суху речовину викликає незручності при синхронізації уявлення про цей показник в інших галузях аграрної науки.

Для того щоб наведена формула була коректною і статистично достовірною, в ній необхідно оперувати не показником вологості (В), а безрозмірним коефіцієнтом водоутримуючої здатності твердої фази ґрунту:

$$З = (М \times В \times Ш) \div 100, \text{ де}$$

З – запаси води в ґрунті, см,

М – об'ємна маса ґрунту, г/см³,

Ш – товща шару ґрунту, см,

В – вологість ґрунту, %.

Недоліком такого математичного механізму визначення вмісту води в ґрунті є завищені параметри вологості, які деформують експериментальні дані щодо водоспоживання рослин, коефіцієнта витрат води на одиницю біопродукції, розрахунки поливної норми, ускладнюють перехід від кількості опадів до запасів води у ґрунті, дискредитують загальноприйнятну термінологію вологості.

З метою усунення неоднозначності в питаннях трансформації води у ґрунті і у цілому в агробіоценозах, нами пропонується наступна формула переходу від показників вологості до запасів води в ґрунті:

$$З = М \times В/Т \times Ш, \text{ де}$$

В – вологість ґрунту у вологому зразку, %,

Т – частка твердої фази у вологому зразку, %,

Ш – шар ґрунту, в якому визначаються водні властивості, см.

Перевагою даної математичної моделі щодо оперування водно-фізичними властивостями ґрунту є можливість ефективного переходу від відносних до абсолютних показників на основі термінологічно стандартизованих. Принципове значення у розрахунках має математичний блок В/Т, який враховує кількість води у вологому зразку ґрунту і забезпечує одержання перехідного коефіцієнта водно-фізичної пропорції.

Актуальність питання синхронізації показників вологості не тільки за обсягами води в ґрунті, а й водного режиму в агробіоценозі у цілому набуває великого значення в зв'язку з багатофакторними каналами її використання польовими культурами. Фактично агробіосферний кругообіг води регулюється низкою екологічних і агротехнологічних факторів, таких як сівозміни, обробіток ґрунту, добрива, бур'яни тощо (рис. 3.2). Тому для визначення динаміки вологоспоживання рослинним компонентом агроценозу важливо до розрахунків включати можливі додаткові ресурси вологи або її втрати, викликані дією вказаних факторів. Наприклад, деформацію об'єктивного уявлення про особливості водоспоживання можуть викликати бур'яни в посівах сівозміни, які здатні використати на власну транспірацію 80–120 м³/га води.

Нашими експериментальними дослідженнями доведено, що величина урожайності ранніх зернових культур на 50–60 % залежить від вихідних запасів вологи в ґрунті та на 40–50 % від кількості опадів впродовж вегетації. Для посівів пізніх культур значення дощів протягом вегетаційного періоду збільшується до 55–70 %. При цьому актуальність запасів вологи в ґрунті закономірно зростає в посушливі роки.

В умовах дефіциту вологозабезпеченості посівів культурних рослин та природних угідь річні цикли динаміки мінімумів і максимумів доступної вологи в ґрунті варіювали у межах від 140–165 мм (весна) до 26–44 мм (осінь).

Як показав аналіз продуктивності агробіоценозів, вона не завжди має прямий корелятивний зв'язок з продуктивними запасами вологи, тому що в цій статистичній комбінації не враховується рівень опадів упродовж вегетаційного періоду і особливості посилення їх впливу залежно від технології використання агробіоценозів. Тобто для повноти аналізу кругообігу вологи в різних технобіогенних комплексах важливо знати особливості використання опадів, що надходять протягом вегетаційного періоду.

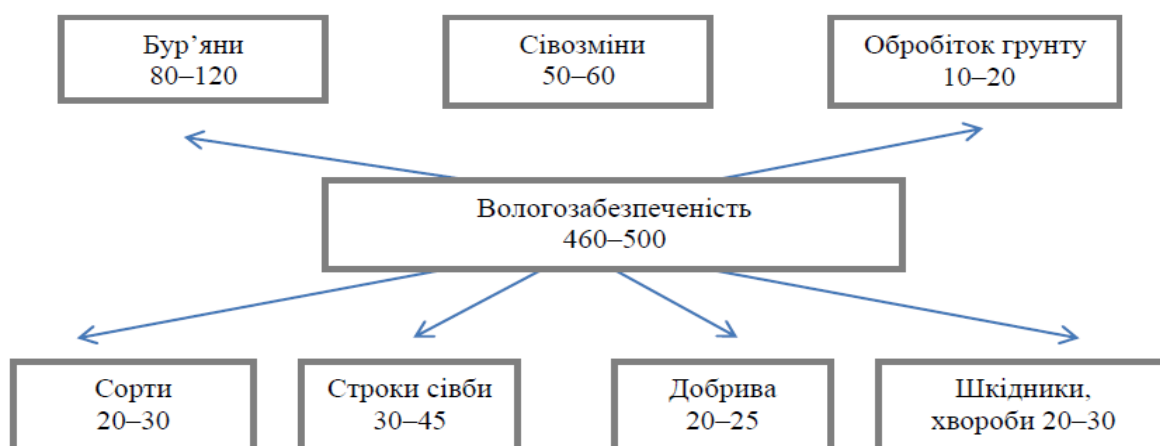


Рис. 3.2. Значення агротехнологічних заходів у регулюванні запасів вологи при вирощуванні сільськогосподарських культур, мм (2014–2021 рр.). Дані: ДУ ІЗК НААН, Шевченка С.М.

Як виявилось, фактор використання опадів вегетаційного періоду також залежить від біологічних особливостей сільськогосподарських культур і агротехніки їх вирощування. Встановлено, що системне застосування окремих прийомів основного обробітку ґрунту має тривалу післядію на водопроникність орного шару ґрунту.

Таким чином, з метою упорядкування та дотримання точності термінологічного визначення і фізичного змісту процесів трансформації води в агробіоценозах пропонується включити до методики розрахунків коефіцієнт водно-фізичної пропорції, який дає можливість з високою точністю врахувати всі існуючі нормативи і коректно описати динаміку вологи в ґрунті.

3.6. Агробіологічні та технологічні методи підвищення протиерозійного потенціалу ґрунтів у сівозміні

Ерозія ґрунтів – результат складної взаємодії комплексу факторів, основними з яких є рельєф місцевості, щільність рослинного покриву, ґрунтові, кліматичні та гідрометеорологічні умови (кількість опадів, характер промерзання ґрунту, розміри та інтенсивність поверхневого стоку талих та зливових вод), розміщення полів, робочих ділянок, польових доріг, технологія обробітку схилів земель тощо [26, 28, 35, 342].

Внаслідок дії ерозійних процесів на поверхні утворюються різні за розмірами та формами розмиви орного шару ґрунту, при цьому втрачається значна кількість гумусу та поживних речовин, погіршується екологічний стан довкілля, зменшуються площі високоякісних за рівнем родючості та сприятливих за фізичними властивостями земельних угідь, виробнича діяльність на яких стає нерентабельною [35, 92, 226, 233].

Методологія дослідження ерозійних процесів є однією з найбільш складних, оскільки механізми і характер руйнування цілісності ґрунтового покриву дуже неоднорідні за інтенсивністю прояву ерозії на окремих ділянках поля та періодичністю формування потоків води з-за опадів або розтавання снігу. Як результат, існуюча методологічна база вивчення проблем ерозії не здатна забезпечити адекватного відображення всієї багатогранності процесів деградації ґрунтів у площинному та часовому вимірах. За таких обставин виникає ризик отримати помилкові висновки щодо протиерозійної ефективності культур сівозміни, ландшафтів, мульчувального покриву ґрунту, обробітку ґрунту, водотривкості, прогнозів профільної деградації шарів і горизонтів [16, 514, 447].

Сама природа ерозії несе в собі неприпустимий факт щорічної прогресії і розширення еродованих земель на 70 тис. га, але ще небезпечнішим є відсутність повноцінного наукового супроводження цієї проблеми [263–267, 307].

Метою досліджень було відновити експериментальні науково-дослідні роботи з вивчення протиерозійних агросистем на основі п'ятипільної сівозміни та різних прийомів основного обробітку ґрунту з використанням нових методів моніторингу максимально, наближених до об'єктивних процесів у реальному середовищі.

Одним із головних завдань наукової роботи було вивчити вплив тривалого системного застосування ґрунтозахисного обробітку та культур сівозміни з різними моделями біоценозів на протиерозійну стійкість чорнозему звичайного, масштаби його змиву та водовбирну здатність за допомогою оригінальних методик контролювання горизонтального руху ґрунту і води.

У комплексі накопичених проблем у сфері збереження ґрунтів і пов'язаних з тривалою паузою у їх науковому зондуванні передбачалося встановити результати впливу новітніх технологій на процеси побудови протиерозійного бар'єра в модернізованому землеробстві.

Польові стаціонарні дослідження проводили в 2016–2018 рр. на чорноземах звичайних малогумусових у зоні північного Степу на експериментальній базі ДУ Інституту зернових культур НААН України. Для проведення факторіального аналізу впливу організаційних і технологічних елементів землеробства проблеми ерозії вивчали в п'ятипільній сівозміні «чорний пар–пшениця озима–соняшник–ячмінь ярий– кукурудза на зерно».

В оцінці протиерозійної стійкості агросистем важливим є фактор часу, тому позитивним для правильного наукового висновку є тривалість даного стаціонару, яка становить більше 5-ти ротацій (1991–2017 рр.). Тобто схема спостереження за трансформацією потенціалу протиерозійної стійкості відкрила можливість зрозуміти роль кожної культури сівозміни як безпосереднього фактора стримування руйнування ґрунту, так і післядію в пролонгованій перспективі.

Для досягнення моніторингового принципу в контролюванні характеру та інтенсивності ерозії, різнобічні оцінки протиерозійної здатності ландшафтів і біоценотичного покриття полів у досліджах використовували запропоновані нами методики пакетного аналізу, фіксованих пасток та промочування ґрунту. За методом пакетного аналізу відбирали ґрунтові моноліти з конкретного шару ґрунту, розміщували їх у бювети, які залишали в полі під впливом опадів. Частка ґрунту, яка залишалася непорушеною, не змивалася з бювета, що й було показником потенційної протиерозійної стійкості ґрунту.

Метод фіксованих пасток являє собою сітку циліндричних поглиблень в ґрунті з посудинами відповідної форми для концентрації змитого ґрунту. Маса накопиченого ґрунту в посудині у відповідній водозбірній зоні показує величину переміщення ґрунту під впливом стоку.

Одним із методів, який доповнює механізми прояву ерозії, є спосіб оцінки глибини промочування орного шару ґрунту за допомогою твердоміра. Визначення межі сухим і зволженим ґрунтом у такий спосіб відкриває можливість проведення сканування водовбирної здатності фактично в необмеженій кількості експериментальних даних. Методологія і методи досліджень проблеми захисту ґрунтів від ерозії – це не тільки фізичні показники, а й передусім нові моделі, теорії і технології екологічно безпечної експлуатації ґрунтових ресурсів [343, 416].

Водна ерозія не може регулюватися виключно однією групою заходів використання землі. Наприклад, протиерозійний добір культур у сівозміні може нівелюватися внаслідок інтенсивного обробітку ґрунту, який здатний призвести до значних втрат його родючості. Щоб ефективно боротися з проявами водної ерозії, сівозміна і обробіток ґрунту мають посилювати протиерозійний вплив одне на одного. У цьому контексті вивчали прийоми основного обробітку ґрунту (оранку, чизельний, дисковий, No-till), які принципово відрізняються за динамікою перемішування орного шару і захисним потенціалом.

Оранка поєднує в собі багато протиріч, які впливають на розвиток ерозійних процесів. Цей спосіб обробітку надає руху всім структурним частинкам в орному шарі, перемішуючи їх на 25–30 см у горизонтальному і вертикальному напрямках. З одного боку, високий ступінь розпушеності ґрунту після оранки підвищує його вологовбирну здатність, а з іншого – посилює ризик змиву розпорошеного чорнозему, розмиву структурної його цілісності. На порядку денному в ерозійній тематиці оранка набуває актуальності, оскільки цей прийом обробітку ґрунту, згідно з новими науковими позиціями, не можна викреслити зі сучасної системи землеробства. Проблема полягає в тому, щоб негативні сторони оранки спрямувати в підсумковий позитивний екологічний результат.

Чизельний обробіток ґрунту (консервуючий) є продуктом удосконалення методів експлуатації земельних ресурсів і найбільш удаło поєднує позитивні

ознаки глибокої оранки та ґрунтозахисних прийомів без обертання пласта. Чизельний обробіток формує гребенисту поверхню поля і хвилясті внутрішньогрунтові контури з розпушеного ґрунту, мінімалізує його за одночасного утворення поглиблень до 45 см по ходу плоскорізної лапи на стійці, що забезпечує ефективне регулювання стоку води і змиву ґрунту.

Прийнято вважати, що чизельний обробіток забезпечує найкращі протиерозійні показники на схилових землях з максимально небезпечною прогресуючою ерозією. Завдяки появі в арсеналі ґрунтообробних знарядь важких дискових борін і здатності їх обробляти ґрунт у будь-якому стані, з рослинними рештками сільськогосподарських культур на поверхні, цей спосіб використовується як основний. Послідовно спарені дискові батареї в тракторному агрегаті можуть забезпечити рівномірне розпушення шару ґрунту 0–10 см, подрібнення органічної маси рослин та високу продуктивність роботи агрегатів.

Слабким місцем у системі дискового обробітку ґрунту є недостатня глибина активного водовбирного профілю та існування ризику змиву верхнього шару, який зазвичай значно розпорошений.

Нова тенденція в системі основного обробітку ґрунту – застосування комбінованих агрегатів, які мають у своєму складі плоскорізні, дискові, вирівнюючі і коткуючі робочі органи, спрямовані на виконання за один прохід трактора декілька технологічних операцій. Завдання тут полягає в забезпеченні за один робочий цикл агрофізичної і механічної якості ґрунту, яка відповідає вимогам проведення сівби сільськогосподарських культур.

Хоча комбіновані агрегати неповною мірою відповідають принципам мінімалізації обробітку ґрунту, проте вони здатні забезпечити високий водокумулятивний і протиерозійний ефект за рахунок плоскорізного блока комбінатора.

Технологію No-till можна віднести до екстремальних видів обробітку ґрунту і в цілому технологій вирощування сільськогосподарських культур,

оскільки на економічному фланзі проявляються незаперечні переваги щодо суттєвого скорочення витрат палива, а на іншому виникає небезпечний ризик агрофізичної і фітосанітарної депресії рослин.

За технології No-till здійснюється мінімальний механічний вплив на ґрунтову масу, яка становить лише 2–6 % від об'єму орного шару. Найбільшою загрозою тут є інтенсивний стік води, який можна нейтралізувати за рахунок рослинної мульчі.

Для визначення потенційної протиерозійної стійкості за методом ерозійного пакета відбирали зразки ґрунту на варіантах дослідів формою куба (10×10×10 см) і масою приблизно 1 кг. Наслідки руйнування ґрунтових монолітів спостерігали після дощу 45 мм протягом двох діб 29–30 липня. Кількість змитого ґрунту (%) до початкової маси і була характеристикою його протиерозійної стійкості. Тобто втрата монолітом 1% маси свідчить про те, що дощ здатний перемістити 100 т ґрунтової маси на одному гектарі земельної ділянки.

Достатньо широкий діапазон сільськогосподарських культур, їх фазового стану та прийоми основного обробітку ґрунту дозволив одержати детальні характеристики протиерозійної стійкості фактично різних систем землеробства та варіацій елементів, що їх складають.

Наші дослідження підтвердили, що діапазон стійкості ґрунту до руйнівної сили дощу був достатньо широким і залежав від таких факторів, як щільність ґрунту, армованість його кореневою системою, проективного покриття рослинною мульчею або вегетуючими культурами. Найбільшого руйнування під впливом 45 мм дощу зазнав ґрунтовий моноліт, відібраний на фоні поля чорного пару після проведення оранки, де його маса зменшилася на 19,1 %. Найсильнішою протидією дощовій ерозії характеризувалася за прямої сівби пшениця озима (5,3 %). Підтримання ґрунту в полі чорного пару в стані інтенсивного механічного обробітку під час догляду за ним робить це поле найбільш уразливим з точки зору небезпеки ерозії. Так, проведення в паровому

полі чизельного, дискового обробітків викликає руйнування ґрунтового моноліту на 43–123 % більше, ніж у посівах пшениці озимої.

До зони ерозійного ризику слід віднести також поля, на яких вирощуються кукурудза і соняшник; втрати ґрунту за методикою ерозійного пакета досягають величин, наближених до чорного пару (6,8–15,7 %).

Культури суцільного способу сівби (пшениця озима і ячмінь ярий) вигідно відрізняються від просапних за рахунок гальмування швидкості крапель дощу біологічною масою агроценозу, рівномірного розпорошування стоку по поверхні поля та зчеплення ґрунту кореневою системою в добре структуровану масу. Завдяки такій конструкції біогеоценозу рівень ерозійної небезпеки в посівах культур суцільного способу сівби знижується до 5,2–8,1 %.

У системі боротьби з ерозією вагоміша роль належить сільськогосподарським культурам, аніж прийоми обробітку ґрунту (табл. 3.36). Такий висновок підтверджують експериментальні дані.

Наприклад, у посівах пшениці озимої діапазон розбіжності показників протиерозійної стійкості, залежно від прийомів основного обробітку, становить лише 5,2–7,5 %. Того ж часу для просапних культур вибір прийому обробітку ґрунту має суттєве значення, оскільки інтенсивність руйнування цілісності ґрунту від оранки до технології No-till змінюється в межах від 7,0 до 15,7 %. Зрозуміло, що особливий статус в системі протиерозійної організації технологій мають оранка та No-till, які характеризуються протилежними можливостями в збереженні ґрунтів від ерозійної деградації.

Таблиця 3.36

Протиерозійна стійкість ґрунту залежно від щільності біоценозу і основного обробітку за методом ерозійного пакета, % (середнє 2016–2018 рр.)

Культура	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
Чорний пар	19,4	10,1	12,2	7,3
Пшениця озима	7,5	7,0	6,5	5,2
Соняшник	15,7	10,5	9,3	7,0
Ячмінь ярий	8,4	8,1	7,2	6,4
Кукурудза	13,6	8,6	8,0	6,8

Прийоми основного обробітку ґрунту в різній мірі включають елементи мінімалізації (чизельний, дисковий), посилюють протиерозійну стійкість в основному за рахунок рослинних решток на межі контакту з водою.

Таким чином, ґрунтозахисні прийоми основного обробітку ґрунту з мульчувальним органічним шаром на поверхні поля є більш ефективними при вирощуванні просапних культур.

Якщо метод ерозійного пакета дає уявлення про збереження монолітності, структурності і форми ґрунту під тиском дощової води, то метод ерозійних пасток свідчить про площинне переміщення ґрунту у водному розчині.

Проведені дослідження показали, що розвиток процесів водної ерозії значною мірою залежить від комплексу технологічних заходів експлуатації землі. Основними конструктивними елементами, які забезпечують протиерозійну стійкість і попередження змиву ґрунту, є водовбирна здатність ріллі, наявність протиударної органічної мульчі, тривалість вегетації польових культур та інтенсивність дощів або потоків талої води.

Встановлено, що в найбільш агресивному ерозійному середовищі – чорному парі – застосування чизельного, дискового обробітку та технології No-till у наших дослідках знижує, стосовно оранки, змив ґрунту в пастки з 61 до 19–35 г/м² (табл. 3.37).

Таблиця 3.37

Змив ґрунту в системі землеробства методом ерозійних пасток, г/м² (середнє 2016–2018 рр.)

Культура	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
Чорний пар	61	31	35	19
Пшениця озима	22	20	18	15
Соняшник	34	27	29	23
Ячмінь ярий	25	23	21	18
Кукурудза	31	26	27	21
НІР ₀₅ , г/м ²				2–4

У перерахунку втрат ґрунту внаслідок змиву на фоні оранки в чорному парі чорноземна маса площі поля з одного гектара на 1220 кг, а у випадку впровадження ґрунтозахисних прийомів обробітку на 380–740 кг. Підкреслимо, що така інтенсивність ерозії проявилася за випадіння 45 мм дощу протягом двох діб.

Протиерозійні захисні функції агросистеми значно зростали в посівах зернових колосових культур. Так, після збирання врожаю пшениці озимої і ячменю ярого за наявності стерні і подрібнених органічних решток змив ґрунту був мінімальним (15–25 г/м²), а фон основного обробітку ґрунту за своїми регульовальними можливостями відходив на другий план.

Ступінь протиерозійної безпеки при вирощуванні кукурудзи і соняшнику, через проведення додаткового механічного догляду за посівами, виявився в 1,5 рази нижчим, ніж у суцільних агроценозах. Міжрядний обробіток посівів нівелював різницю між прийомами основного обробітку ґрунту на стадії молочної стиглості зерна пізніх культур до 7–8 г/м² (13–15 %) різниці.

Якщо перевести отримані результати досліджень на загальноукраїнські масштаби, то прогноз розвитку водної ерозії буде таким: впровадження ґрунтозахисних технологій дозволить знизити обсяги розширення площ еродованих земель на 30–50 %.

У проблемі водної ерозії ще одним важливим вектором взаємодії факторів її регулювання є водовбирна здатність ґрунту, яка характеризує не лише його вбирну здатність, а й перерозподіл води у вертикальному напрямку. Очевидно, що обсяг акумульованої вологи ріллею суттєво блокує інтенсивність площинного змиву і стоку. Акумулятивну здатність і глибину фільтрації опадів поверхнею поля, створеною під впливом сільськогосподарських культур та прийомів основного обробітку, визначали за допомогою твердоміра шляхом встановлення горизонту переходу від зволоженого розуцільненого шару до більш твердого з нижчою вологістю. Цей спосіб забезпечує високий ступінь адекватності процесів водопоглинення.

У контексті взаємодії площинної ерозії та вертикальної інфільтрації води відзначимо, що найвища акумуляція вологи забезпечувалася при застосуванні довготривалої оранки в сівозміні. Так, на фоні глибокої оранки глибина промочування ґрунту була максимальною і становила в чорному парі і просапних культурах 30,6–25,3 см (табл. 3.38).

Багатофакторний аналіз наукових результатів щодо впливу елементів землеробства на ерозію дозволив зробити два важливих теоретичних і практичних висновки: 1) глибока оранка має тривалу позитивну післядію на водовбирну здатність ґрунту; 2) механічний догляд за посівами просапних культур є ефективним засобом акумуляції вологи в ґрунті, який збільшує поглинання дощової води на 18–22 %.

Із технологічної точки зору на інтенсивність поглинання води найбільш впливала глибина обробітку ґрунту, а з агрофізичної – щільність орного шару. Таку закономірність підтверджують отримані експериментальні дані; глибина промокання ґрунту корелятивно зменшувалася зі застосуванням ґрунтозахисних прийомів обробітку з меншою глибиною розпушення ріллі.

Особливо яскраво зниження водовбирної здатності ґрунту проявилось з використанням технології No-till, яка поступалася за активністю акумуляції дощової води оранці на 21–43 %.

Таблиця 3.38

Глибина промокання ґрунту після опадів 45 мм (середнє за 2016–2018 рр.), см

Культура	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
Пар чорний	30,6	30,1	29,2	16,8
Пшениця озима	21,5	20,0	17,8	15,3
Соняшник	27,5	26,1	25,1	23,4
Ячмінь ярий	19,4	18,2	15,7	14,2
Кукурудза	25,3	24,3	22,7	19,6
НІР ₀₅ , см	2,1–3,9			

Зафіксований історичний факт, який сьогодні є робочою моделлю в теорії і практиці землеробства, свідчить про те, що останні 150 років чорноземні ґрунти постійно деградують і втрачають родючість внаслідок масового застосування полицевих плугів. Але 30-річні стаціонарні дослідження доводять надзвичайно потужний потенціал родючості чорноземів, який ще нецілковито використав свій ресурс для того, щоб отримувати високі врожаї сільськогосподарських культур. Вагомим аргументом в цьому контексті слугують результати наших досліджень в сівозміні, які демонструють, що глибока оранка, як і значно раніше, ефективно мобілізує потенціал родючості і забезпечує більш високий урожай, ніж прийоми мінімального обробітку ґрунту.

Наприклад, на фоні оранки врожайність пшениці озимої становила 5,37 т/га, кукурудзи 4,72 т/га з мінусовою реакцією на No-till – 0,46 т/га. Зниження інтенсивності обробітку на основі мінімальних його прийомів (чизельний, дисковий) також супроводжувалося зниженням урожайності таких культур, як пшениця озима, ячмінь ярий, кукурудза на 0,21–0,45 т/га, тобто 4–15 %, порівняно з оранкою.

Неймовірно висока багатовекторність впливу технобіогенних систем на виробниче середовище в аграрному секторі виробництва все помітніше приводить до колізій між зростанням виробничих витрат і збереженням родючості ґрунтів, рівнем урожайності сільськогосподарських культур і окупністю вкладень, скороченням енергетичних витрат у землеробстві і ступенем фітосанітарної загрози, насиченням структури посівних площ технологічно і біологічно однорідними культурами і збитковою динамікою поживних речовин [345, 421, 516].

Про значний вплив факторів, що вивчалися в стаціонарному досліді, свідчить великий розрив у показниках рентабельності виробництва між діаметрально протилежними комбінаціями систем землеробства: горох – No-till – $N_{45}P_{45}K_{45}$ – 5,5 % (рентабельність мінімальна) і соняшник – безполицевий – без добрив – 245,5 % (рентабельність максимальна).

Із економічної точки зору переконливі аргументи мали такі культури, як соняшник, рентабельність виробництва якого залежала від прийомів основного обробітку ґрунту і мінеральних добрив у межах 126,2–245,5 %, пшениця озима – 124,5–202,8 % та кукурудза на зерно – 110,9–165,2 %.

Ярі ранні зернові і зернобобові культури суттєво поступалися групі озимих і пізніх форм унаслідок того, що відрізнялися нижчою врожайністю. У наших дослідженнях простежується виразна тенденція до зниження рентабельності виробництва зерна зі застосуванням мінеральних добрив на фоні родючості ґрунту, який зберігається в сучасному землеробстві. У такому випадку виникає еколого-економічна дилема: відмовитися від мінеральних добрив, оскільки вони не окупаються приростом урожаю, чи все-таки вносити добрива, зберігаючи при цьому родючість ґрунту і його еволюційну відновлюваність?

Економічна закономірність щодо зниження показників рентабельності при внесенні мінеральних добрив проявилася по всій вертикалі багатофакторної схеми дослідів. Оскільки внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$ супроводжувалося підвищенням виробничих витрат у технологічному циклі вирощування культур сівозміни на 2378 грн/га – горох і 2552 грн/га – на зерновій кукурудзі, то показники рентабельності негайно відреагували зниженням їх від 35,7 до 20,7 % та від 164,4 до 141,7 %, відповідно.

В економічному форматі важливим є показник прибутковості виробничої діяльності, який характеризує ефективність використання землі. Аналіз комплексу економічних показників підтвердив наше припущення, що розрахований умовно чистий прибуток позитивно відреагує на внесення мінеральних добрив. Так, при вирощуванні пшениці озимої на фоні оранки внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$ забезпечило зростання прибутку від 13158 до 13732 грн/га, а кукурудзи – від 13194 до 14926 грн/га.

Глибокий аналіз отриманих результатів досліджень в умовах стрімкої модернізації технологічних і сортових ресурсів у землеробстві, диверсифікація засобів виробництва, наростання протиріччя між експлуатаційною і екологічною частинами показують, що нетрадиційні теоретичні положення дають

раціональне пояснення процесам, які проявляються в сучасних агробіоценозах під впливом глобальних проблем суспільства.

Підступність водної ерозії полягає в тому, що її негативна дія на ґрунт працює як фактор уповільнення дії, яким на початкових фазах розвитку здавалося можна було б знехтувати, проте практика переконливо свідчить: така неувага до цієї проблеми може повернутися невідновлювальними втратами родючості ґрунту.

Натепер ще не існує більш ефективного методу боротьби з ерозією, ніж системне впровадження ґрунтозахисних прийомів обробітку ґрунту та добір сільськогосподарських культур з високим ступенем його протиерозійної структуризації.

Такі напрями в аграрному виробництві, як структурна реорганізація землеробства шляхом розширення посівів просапних культур, скорочення обсягів кормових культур, порушення строків проведення прийомів обробітку ґрунту та інтенсифікація всіх технологічних елементів на фоні послаблення наукової уваги до проблем ерозії загрожують деградацією і втратою родючості чорноземів.

Найбільш ефективними методами підвищення протиерозійного потенціалу ґрунтів та попередження їх змиву є сільськогосподарські культури суцільного способу сівби та система ґрунтозахисного обробітку на основі мілкого розпушення і використання захисного мульчувального екрана.

Порівнюючи з найбільш ерозійно небезпечною ланкою сівозміни – оранкою в полі чорного пару, чизельний, дисковий обробітки і технологія No-till під пшеницю озиму і ячмінь ярий значно підвищують потенціал протиерозійної стійкості ґрунту та знижують інтенсивність змиву чорнозему.

Для просапних культур підвищуючи планку ерозійного ризику важливо утримувати в межах науково обґрунтованих норм їх посівні площі і застосовувати ґрунтозахисні прийоми основного обробітку ґрунту, які можуть посилювати протидію ерозії більше ніж у двічі.

Захищати ґрунти від ерозії і деградації якісної структури шляхом впровадження мінімального, мілкого, безполицевого обробітків є актуальним і безальтернативним напрямом, незважаючи на зниження врожайності зернових культур на 5–11 % і виникнення технологічних незручностей, пов'язаних з використанням добрив і засобів захисту рослин.

Висновки до розділу 3

Детальне вивчення твердості ґрунту в різних природно-техногенних комплексах показало, що ця фізична характеристика ґрунту найбільш адекватно і синхронно реагувала на чергування культур в сівозміні і прийоми основного обробітку ґрунту, глибини та характеру обертання скиби та на різні складові елементи техноземів в процесі рекультивації.

При цьому, в 5-ти пільних сівозмінах зерно-паро-просапній та зерно-просапній найбільші показники твердості спостерігалися на фоні мінімалізації основного обробітку ґрунту, де вони були після мілкого дискового розпушення та технології No-till протягом вегетації культур сівозміни на 12,4–49,1 % більше порівняно з оранкою та чизельним обробітком.

Спостереження за динамікою твердості в паровому полі підтвердило достатньо високу буферну здатність чорнозему протягом всього періоду парування. Також, позитивним явищем слід вважати достатньо тривалу післядію парового поля на наступні культури сівозміни, де показники твердості були нижчими на 4,3–12,5 % порівняно із сівозміною без парового поля.

У зв'язку з загальною тенденцією ущільнення ґрунтів актуального значення набуває питання глибини обробітку ґрунту. Збільшення глибини оранки в 4-х пільній сівозміні з 12–14 см до 25–27 супроводжувалося стійким зниженням щільності складення ґрунту в усіх полях сівозміни протягом вегетаційного сезону на 14,1–21,9 %.

Контролювання щільності складення ґрунту в системі рекультиваційних техноземів показало, що домінуючим фактором визначення є субстрат

технозему. А саме, щільність складення насипного родючого шару ґрунту (чорнозем) становила протягом вегетаційного сезону – 1,09–1,38 г/см³, лесоподібного суглинку – 1,20–1,44 г/см³, червоно-бурої глини – 1,23–1,42 г/см³, сіро-зеленої глини – 1,25–1,47 г/см³.

Системний аналіз вологоспоживання в агроценозі показав, що за рахунок попередників можливо додатково задіяти 40–55 мм вологи, ефективного знищення бур'янів – 55–80 мм, основної обробки ґрунту – 10–25 мм, оптимізації поживного режиму – 10–15 мм.

З метою упорядкування та дотримання точності термінологічного визначення і фізичного змісту процесів трансформації води в агробіоценозах пропонується включити до методики розрахунків коефіцієнт водно-фізичної пропорції, який дає можливість з високою точністю врахувати всі існуючі нормативи і коректно описати динаміку вологи в ґрунті.

Найбільш ефективними методами підвищення протиерозійного потенціалу ґрунтів та попередження їх змиву є сільськогосподарські культури суцільного способу сівби та система ґрунтозахисного обробки на основі мілкового розпушення і використання захисного мульчувального екрана.

Порівнюючи з найбільш ерозійно небезпечною ланкою сівозміни – оранкою в полі чорного пару, чизельний, дисковий обробки і технологія No-till під пшеницю озиму і ячмінь ярий значно підвищують потенціал протиерозійної стійкості ґрунту та знижують інтенсивність змиву чорнозему.

РОЗДІЛ 4

ДИНАМІКА ВИДОВОГО СКЛАДУ БУР'ЯНОВИХ СИНУЗІЙ АГРОФІТОЦЕНОЗІВ

Агропромислова складова в землеробстві відноситься до найбільш динамічних факторів техногенного впливу на напрямки трансформації видової структури і шкодочинності бур'янів в агроценозах. При цьому бур'яни завдяки своїм досконалим механізмам адаптації завжди зберігають високу небезпеку для урожаю і його якості та потребують постійного корегування заходів контролювання забур'яненості. Більше того, за законами функціонування агробіоценозів фактори прогресивного значення в процесі тривалої експлуатації приводять до негативних наслідків, які необхідно нейтралізувати шляхом модернізації агротехнологій. Бур'яни як асоціативні синузії мають необмежений біогенний ресурс, який дозволяє агресивно захоплювати екологічний вакуум в біогеоценозах і розвивати широкий діапазон адаптивної реакції на кліматичні фактори.

4.1. Техногенний рівень землеробства і асоціативна мінливість бур'янів в агроценозах

Історія техно-ботанічної адаптації бур'янів не тільки розкриває механізми еволюційного руху видового складу фітоценозів, а й одночасно накопичує екологічну базу даних для розробки синхронних прогнозів щодо формування типу і ступеня забур'яненості, а також фіторезистентної якості відносно гербіцидів [13, 24, 38, 76, 144, 182, 443].

Найвищу еволюційну чутливість види бур'янів проявляють до таких агросистемних заходів як сівозміни і фітоценотична стійкість сільськогосподарських культур, застосування різноспектрових гербіцидів, способів механічного впливу на ґрунт і бур'яни [40, 52, 97, 126, 196].

Поєднання в системі захисту рослин від бур'янів значної кількості фітотоксичних речовин та широкого різноманіття реакції їх на застосування хімічного способу боротьби висуває необхідність розробки теорії відповідності фітотоксичного спектру гербіцидів і чутливості агрофітоценозів.

При значних обсягах застосування гербіцидів на межі екологічної безпеки фітотоксична цілеспрямованість їх використання матиме прямі позитивні наслідки щодо зниження хімічного навантаження та підвищення економічної ефективності виробництва.

Виходячи з актуальності проблеми цільового контролювання забур'яненості посівів метою наших досліджень було встановити ретроспективний хід еволюції фітоценозів бур'янів під техногенним тиском на агросистеми гербіцидів та прийомів основного обробітку ґрунту, розкрити напрямки і швидкість трансформації структури видового складу бур'янів, а також розробити методи агротехнологічного регулювання забур'яненості та перспективного планування контролювання бур'янів.

Основні результати досліджень одержано в стаціонарних польових дослідках, методом обстеження виробничих масивів та недоторканих природних угідь в зоні ведення степового землеробства на експериментальній базі ДУ ІЗК НААН та ДДАЕУ. Методичний період моніторингового сканування охоплював розвиток землеробства з 1958 до 2021 рр. з поділом на критичні етапи: 1958–1967 рр. (дані Фісюнова О. В.), 1981–2002 рр (дані Шевченка М. С.). та 2011–2021 рр. (Шевченко С. М.). Для побудови цілісної моделі процесів трансформації видових структур бур'янів поряд з нашими результатами досліджень були використані аналогічні експериментальні дані більш раннього періоду Фісюнова О.В. [385], Воробйова М. Є. [385], Матюхи Л. П. [385], Шевченка М. С. [353], Ткаліча Ю.І. [284], Шевченка О. М. [416].

В даному випадку для побудови наскрізної історичної моделі оцінки видового складу бур'янів і одержання співставних даних було використано показник зустрічності за Раункієром, який дає уявлення про частоту і

розповсюдження окремих видів по території. Відображення техніко-економічного рівня кожного етапу розвитку землеробства формувалося на основі наукових даних, аналітичних довідок і статистичних оглядів.

Впродовж 60-річного періоду гербологічних спостережень і вивчення закономірностей розвитку бур'янів в посівах сільськогосподарських культур нами було помічено, що існує тісний зв'язок між системою агропромислового використання землі і характером забур'яненості агроценозів. В даному питанні важливим було знайти перехід від візуальної оцінки процесів ротаційної зміни фітоценозів бур'янів до методично-цифрової фіксації напрямків техногенної еволюції з відповідним рівнем достовірності біоценотичних параметрів і високою здатністю симетричного відтворення результатів досліджень протягом тривалого періоду сканування фітоситуації.

Такий ретроспективний метод вивчення проблеми забур'яненості за принципом деревних кілець дозволив встановити фітоценотичну картину як реакцію на технокліматичні умови і фактори, що їх супроводжують.

Для проведення аналізу видового складу бур'янів в сівозмінах було вибрано найбільш контрастні за конкурентоздатністю культур агроценози. Чорний пар, в якому достатньо екологічних ніш для проявлення високої активності бур'янів, пшениця озима, в посівах якої розвивається обмежений спектр видів, кукурудза, яка внаслідок значного екологічного простору допускає забур'янення багатьма біологічними групами бур'янів.

В процесі нарощування матеріально-технічної бази і удосконалення технологій в землеробстві умовно можна виділити три специфічних етапи його розвитку з характерними ознаками технобіогенного значення: агротехнічний з обмеженим застосуванням хімічних засобів та орієнтацією на використання ручної праці (1950–1970 рр.), індустріальний із залученням методів технічної і хімічної інтенсифікації виробництва (1971–2000 рр.), неотехнобіогенний із значними структурними змінами, спрямованими на ринкову кон'юнктуру з високими екологічними ризиками (2001–2021 рр.) (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Основні елементи технобіогенного впливу на формування фітоценотичного спектру бур'янів за періодами розвитку землеробства

Гербіциди, частка обробленої площі, %	Ефективність гербіцидів, %			Структура посівів, %	Прийом обробітку ґрунту (частка), %
	тонко-ногові	двосім'я-дольні	багато-річні		
Період 1960–1970 рр. (дані Фісьюнова О.В.)					
2,4–Д амінна сіль		75–82	74–80	Зернові колосові – 32	Оранка – 74
Атразин	78–85	80–86	45–53	Кукурудза – 7	Плоскорізний – 15
Агротехнологічні заходи	68–77	74–83	60–70	Технічні – 13 Кормові – 34	Мілкий – 11
Оброблено – 25%				Пари – 8 Інші культури 45	
Період 1981–2000 рр. (дані Шевченка М.С.)					
Атразин	72–79	77–84	43–50	Зернові і зернобобові – 34	Оранка – 65
Діален	0	80–90	83–88	Кукурудза – 9	Безполіцевий – 20
Аценіт	80–86	83–88	0	Технічні – 14	Дисковий мілкий – 15
Ерадикан	87–93	52–58	0	Кормові – 32	
Харнес	88–94	86–94	0	Пари – 8	
Трефлан	83–89	80–86	0	Інші культури – 3	
Раундап	86–94	90–97	87–93		
Оброблено – 52%					
Період 2011–2021 рр. (дані Шевченка С.М.)					
Аденго	77–83	84–91	81–85	Зернові і зернобобові – 39	Оранка – 45
Естерон	0	81–89	82–87	Кукурудза – 14	Безполіцевий – 23
Майстер	85–89	84–89	71–77	Технічні – 33	Мілкий – 30
Базис	80–85	84–90	69–74	Кормові – 5	
Таск	78–86	84–88	77–82	Пари – 6	
2,4–Д амінна сіль	0	78–84	75–81	Інші – 6	
Трефлан	82–87	80–84	0		
Харнес	88–93	89–94	0		
Євролайтнінг	86–90	88–93	67–74		
Раундап	85–96	88–97	86–92		
Оброблено – 75%					

Як показав проведений нами паралельний еволюційний моніторинг

способів ведення землеробства і фіторотації бур'янів, цикли виробничої діяльності виступають бездоганим фактором біоценотичного відбору (додаток Г).

Агротехнічний період відрізнявся мінімальним застосуванням гербіцидів (до 25 % оброблених посівів), незначним розповсюдженням просапних культур (кукурудза, соняшник, цукровий буряк) в структурі посівних площ (23 %) та домінуванням енерговитратної оранки, яка проводилась на 74 % ріллі.

Високу захисну функцію від бур'янів мало те, що 70 % посівів сільськогосподарських культур знижували шкодочинність бур'янів за рахунок енергетично щільних посівів і підвищення їх конкурентоздатності.

Селективна дія гербіцидів класу сим-триазинів і похідних феноксиоцтової кислоти в цей період була спрямована на боротьбу з двосім'ядольними малорічними та коренепаростковими багаторічними бур'янами. Тобто основним фактором відбору і формування типу забур'яненості виступали механізми біологічної конкуренції культурного та шкодочинного компонентів агроценозів.

За такого технологічного рівня господарювання найбільш пристосованими до даного співвідношення екологічного вакууму і конкурентного середовища в агроценозах виявились такі види бур'янів як мишій сизий, щиряця біла, лобода біла та гірчак березковідний. За вільного доступу цих бур'янів до екологічних ресурсів в полі чорного пару їх зустрічність була максимальною (81–90 %), а з появою конкурентного блокування посівами кукурудзи вірогідність їх присутності у фітоценозі знижувалась до 96–5 % (табл. 4.2).

Найбільш важковикорінювані багаторічні коренепаросткові бур'яни (осот рожевий і жовтий, берізка польова) зустрічались на шляху обстеження з регулярністю 17–34 % в різних за фітоценотичною стійкістю агробіоценозах.

Висока фотоенергетична щільність пшениці озимої і фазова несумісність з багатьма основними засмічувачами зони Степу мінімізували прояв кожного виду бур'янів, але завжди в посівах були присутні зимуючі та багаторічні таксономи.

Індустріальний період відзначався значним збільшенням використання гербіцидів (до 52 %) посівних площ, суттєвим розширенням їх фітотоксичного

спектру, освоєнням ґрунтозахисних прийомів основного обробітку ґрунту та поступовим відхиленням від традиційної структури посівних площ.

Таблиця 4.2

Розвиток землеробства і видова мінливість бур'янів в агроценозах, %
(частота зустрічності окремих видів за Раункієром)

№	Види бур'янів	Культура, роки спостережень								
		Чорний пар			Пшениця озима			Кукурудза		
		1958-1967	1989-1992	2014-2021	1958-1967	1989-1992	2014-2021	1958-1967	1989-1992	2014-2021
1	Мишій сизий	98	69	37	8	5	2	96	15	12
2	Плоскуха звичайна	16	92	84	0	2	2	1	88	70
3	Щириця звичайна	20	97	90	0	3	1	0	93	85
4	Щириця біла	94	31	22	3	1	0	85	7	6
5	Щириця жминдовидна	2	36	20	0	0	0	0	23	13
6	Лобода біла	89	30	27	10	4	3	72	17	13
7	Гірчак березковідний	81	28	32	0	0	0	57	17	18
8	Амброзія полинолиста	2	56	99	0	7	13	0	39	92
9	Сухоребрик Льозеля	17	9	7	12	10	10	10	4	1
10	Талабан польовий	32	18	11	21	14	10	12	2	2
11	Дескуненія Софії	14	7	7	22	15	11	16	9	2
12	Грицики	28	20	13	23	15	8	13	9	6
13	Осот рожевий	34	15	9	24	13	8	28	11	6
14	Осот жовтий	30	17	3	21	11	4	24	12	8
15	Берізка польова	30	14	3	17	9	2	19	8	4
16	Види, що рідко зустрічаються	6	4	2	4	2	1	5	3	

У виробництві розпочато застосування нових діючих речовин і препаративних форм гербіцидів, які сприяли суттєвому збільшенню технічної ефективності до 93–97 % однаковою мірою проти всіх біологічних груп бур'янів. З'явилися ефективні мінерально-масляні суспензії атразину, леткі препарати на базі ептаму, високотехнологічний гербіцид з діючою речовиною ацетохлор та

формуляція з тотальною фітотоксичною функцією гліфосат (раундап).

Як основну подію у регулюванні фітотоксичної дії нового асортименту гербіцидів слід відмітити радикальне посилення блоку препаратів проти сімейства тонконогових бур'янів.

З удосконаленням ґрунтообробних знарядь, появою робочих органів чизельного та дискового типу роль безполицевих варіантів обробітку зросла до 35 %. Цей факт викликав не тільки необхідність перерозподілу навантаження в системі боротьби з бур'янами на гербіциди, але й викликав видозміну внаслідок ущільнення ґрунту.

Наслідки індустріалізації в позитивному аспекті проявилися вже в 1986 і 1990 рр., коли валові збори зерна в Україні досягли рекордної позначки 50 млн т.

Лінія наміченого прогресу була зламана в 90-ті роки, коли стала проявлятися тенденція до скорочення посівних площ кормових культур і зростання посівних площ соняшника, обсяги застосування мінеральних добрив впали до 20–30 кг/га д.р., в країні не оброблялося до 3–5 млн га земель сільськогосподарського призначення, тобто стали проявлятися фактори не системного, а випадкового характеру, які зруйнували всі закономірності.

Сканування фітоценотичної ситуації за методикою частоти зустрічності Раункієра показало, що бур'яни як асоціація мають достатньо адаптивних механізмів для того, щоб у різних ботанічних формах зберігати свою присутність в агроценозах.

Аналіз трансформації видової структури бур'янів переконливо довів, що внаслідок тривалого впливу біоценотичних, агротехнічних та фітотоксичних факторів кожні 20–30 років відбувається суттєва зміна домінуючих видів бур'янів в посівах культур сівозміни.

Як виявилось, рівень резистентності бур'янів по-різному проявлявся як в межах сімейств, так і по окремих видах. До кінця 90-х років внаслідок підвищеної чутливості до гербіцидів суттєво знизилась зустрічність в посівах кукурудзи мишія сизого (з 96 до 16 %), щиріці білої (з 87 до 7 %), лободи білої (з 72 до 17 %) (табл. 4.2).

У зв'язку з поширенням просапних культур і послабленням їх конкурентоздатності, а також завдяки підвищеній гербіцидній резистентності радикально зросла в біоценотичному зрізі присутність таких видів бур'янів як плоскуха звичайна (1 → 89 %), щирія звичайна (0 → 93 %), щирія жминдовидна (0 → 23 %), амброзія полинолиста (0 → 39 %).

В такому ж напрямку спостерігався видовий перерозподіл бур'янів і в паровому полі, але він був менш контрастним в результаті прояву консерватизму потенційної забур'яненості, яка несе в собі приховані ризики.

Важливо, що в індустріальний період розпочалася тенденція до зниження зустрічності багаторічних коренепаросткових бур'янів: осот рожевий і жовтий, берізка польова. За 35 років (1967–2002 рр.) присутність багаторічників в агроценозах впала з 28–19 до 12–8 %. Причини такого явища знаходяться в одновекторній спрямованості таких біоценотичних регуляторів як застосування відповідних за спектром дії гербіцидів, механічне очищення від вегетативних органів бур'янів в посівах просапних культур, використання комбінованих ґрунтообробних знарядь, ущільнення ґрунту на фоні мілкої обробки.

Неотехнобіогенний період – це перш за все інтервенція нових засобів виробництва і жорстка підпорядкованість ринковим запитам. В цей час у виробництво широко впроваджується група гербіцидів похідних сульфоніл сечовини та комбіновані багато спектрові препарати із загальним обсягом обробки посівів 75 %. Найбільш радикально змінюється структура посівних площ, коли площа соняшника зростає до 31–45 %, а велика група кормових культур знижується до 5 % замість традиційних 35 %. Продовжує скорочуватись до 40 % площа, на якій застосовується енерговитратна оранка, а основна частина ріллі (60 %) за рахунок впровадження високопродуктивних комбінованих агрегатів обробляється мілко – на глибину 8–14 см. Тобто можна однозначно говорити про те, що достатньо стабільні синузії бур'янів в період неотехнобіогенної еволюції увійшли в фазу стресових деформацій видового спектру.

Значення гербіцидів в землеробстві зросло як за рахунок підвищення їх технічної ефективності, так і в результаті обсягів їх застосування. Рівень

фітотоксичної дії комбінованих препаратів, сумішків та технологічних поєднань перекрив практично весь спектр резистентності бур'янів, що забезпечило знищення або глибоке пригнічення 89–94 % бур'янів при обприскуванні посівів. До групи пріоритетних і найбільш розповсюджених гербіцидів слід віднести харнес, акріс, аспект про, примекстра ТЗ голд, базис, таск екстра, майстер пауер, естрон, прима форте, гранстар голд, які поряд з чисто фітотоксичними властивостями забезпечили значний прогрес в технологічному відношенні, зручні в роботі препаративні форми, висока розчинність, низька залежність від зовнішніх факторів, широкий діапазон строків проведення обробок, підвищення рівня екологічної безпеки.

Поряд з цим останнім часом стали проявлятися спалахи негативної фітотоксичної післядії гербіцидів (елюміс, євролайтнінг) в сівозміні, що актуалізує фактично нову проблему гербозміни за аналогією з чергуванням культур в сівозміні.

Принциповим фактором формування видового складу бур'янів в посівах сільськогосподарських культур стало зростання площ просапних культур (соняшник і кукурудза) в структурі посівів до 40–50 %.

Освоєння методів ґрунтозахисного землеробства і використання рослинної мульчі суттєво змінило технологічні вимоги до гербіцидів. Разом з поступовим впровадженням технології No-till дана ситуація переносить центр тяжіння на гербіциди страхового типу дії, які вносять по вегетуючих бур'янах.

Таким чином, з трьох ознак нинішнього технобіогенного періоду застосування гербіцидів спрямоване на безпосереднє зниження забур'яненості посівів, а мінімізація основного обробітку ґрунту і зміна структури посівних площ, навпаки, створювали додаткові проблеми у забезпеченні ефективної боротьби з бур'янами.

Як виявилось, переламним моментом у видовій реструктуризації бур'янів виявився перехід до широкого застосування в землеробстві гербіцидів, і за великим рахунком намічена тенденційність збереглась і впродовж неотехногенного періоду.

Проте, в повній мірі проявилась конкурентна агресивність амброзії полинолистої, яка стала домінуючою на фітоценотичній карті, і її зустрічність за 60 років зростає з 0 до 92 % в посівах кукурудзи та з 2 до 99 % в полі чорного пару (табл. 4.2). Адаптивний потенціал амброзії в синузійному просторі настільки досконалий, що всупереч значній біологічній розбіжності з пшеницею озимою цей бур'ян зустрічається в її посівах (13 %). Причина видової експансії амброзії полинолистої полягає в більш високій резистентності до гербіцидів порівняно з іншими видами, надзвичайна пластичність щодо строків появи сходів, тривалості вегетації, здатність неймовірно швидко вриватись в екологічний вакуум, що утворюється в агроценозах.

Без суттєвих амплітуд щільності присутності, але з високим коефіцієнтом зустрічності (70–85 %) збереглися такі види бур'янів як плоскуха звичайна та щиреця загнута.

Багаторічні коренепаросткові бур'яни за показниками зустрічності достатньо рівномірно обліковувалися в різних за конкурентоздатністю посівах, що свідчить про високу здатність їх щодо використання мінімального екологічного вакууму. За період спостережень (1958–2021 рр.) частота присутності багаторічників в агроценозах неухильно знижувались з 34 до 4 %. Основними причинами такої спадаючої динаміки були можливість застосовувати у посівах багатьох культур гербіцидні компоненти (2,4-Д, дикамба) проти цієї групи бур'янів та їх негативна реакція на ущільнення ґрунту на фоні зменшення глибини обробітку.

Екологічний ресурсний простір для розвитку зимуючих видів бур'янів був обмежений площами, зайнятими пшеницею і значним арсеналом проти дводольних гербіцидів на фоні високої чутливості цієї біогрупи, тому закономірним виявилось зниження активної забур'яненості і відповідно зустрічності цих бур'янів в посівах озимини з 12–23 до 8–11 %.

На даному етапі розвитку землеробства загрозливих масштабів набирає розповсюдження падалиці соняшника, вовчка соняшникового та ваточника сирійського, що потребує нової стратегії у подоланні їх шкодочинності шляхом

добору чергування культур у сівозміні та обробітку ґрунту.

Базовим генетичним ресурсом видового різноманіття бур'янів в агроценозах є природний ботанічний і ландшафтний фон, який склався протягом столітніх періодів освоєння землі як засобу сільськогосподарського виробництва.

Для вивчення динаміки видової реструктуризації бур'янів в різних біогеоценозах нами було встановлено особливості гербологічних контактів асоціацій бур'янів в посівах сільськогосподарських культур та на природних пасовищах. Для цього було проведено маршрутне обстеження техногенно недоторканого балкового ландшафту в період 1980–1984 рр. (дані Шевченка М.С.) та 2015–2021 рр., тобто з діапазоном, достатнім для виявлення видової трансформації в синузії (додаток Д).

Як видно (табл. 4.3), відсутність технологічного втручання в трав'янистий біоценоз дозволило зберегти багатий видовий склад бур'янів степового екотипу.

Головними фітоценозутворюючими елементами за показниками зустрічності були такі види: кострець безостий, сухоребрик льозеліїв, берізка польова, підмаренник чіпкий, пирій повзучий, костриця борозенчаста, типчак.

Найбільш унікальним для природних трав'яних біоценозів є асоціативне використання екологічних ресурсів багаторічних і малорічних бур'янів з різною конкурентною динамікою протягом вегетації та ярусним тиском на структурні елементи фітоценозу.

Порівняння видової структури бур'янів в агроценозі і природному пасовищі відкрило декілька принципових відмінностей: обмежений перехід основних видів з природних угідь в посіви сільськогосподарських культур і навпаки; домінування багаторічних бур'янів на пасовищах, а в агроценозах однорічних; рівномірний розподіл бур'янів по площі на окультурених угіддях і осередкові угруповання техногенно недоторканих ландшафтів; високий рівень еволюційної консервативності зміни видового складу і активна трансформація його в сівозмінах.

Таблиця 4.3

Збереження та мінливість видового складу бур'янів в природних пасовищах,
зустрічність за Раункієром, %

Види бур'янів	Періоди обстеження	
	1980–1984 рр.	2015–2021 рр.
Сокирки звичайні	14,6	9,3
Будяк щетинистий, осот рожевий	10,7	9,8
Подорожник ланцетовидний	4,7	5,1
Тонконіг вузьколистий	23,4	21,9
Полин гіркий	7,2	8,0
Кострець безостий	12,5	11,8
Сухоребрик Льозеліїв	16,3	14,4
Резеда жовта	6,5	7,0
Перстач сріблястий	3,1	3,6
Дивина густоквіткова	2,8	4,1
Берізка польова	18,7	16,3
Молочай прутковидний	23,1	20,7
Підмаренник чіпкий	15,4	17,7
Пирій повзучий	41,6	43,8
Цикорій звичайний	6,6	5,8
Пижмо звичайне	16,1	19,3
Осока рання	20,2	17,6
Синяк звичайний	31,3	26,8
Костриця боровенчаста, типчак	43,2	40,0
Ковила Лессінга	19,3	17,3

Таким чином, розглянуті особливості формування фітоценозів бур'янів залежно від зовнішніх факторів дозволять сформулювати закон швидкості мінливості видового складу, який проголошує, що темпи трансформації фітоценозів бур'янів залежать від інтенсивності технобіогенного впливу на біоценози та технологічної зміни факторів життєзабезпечення.

Фітоценози бур'янів в агросистемах знаходяться під постійним впливом технобіогенних факторів, які формують напрямок видового відбору та ступінь забур'яненості посівів.

Визначено три етапи розвитку землеробства (агротехнічний, індустриальний і неотехногенний), які суттєво відрізняються за структурою посівних площ і конкурентоздатністю посівів, фітотоксичним спектром і

обсягами застосування гербіцидів, інтенсивністю обробітку ґрунту.

Встановлено групу найбільш розповсюджених бур'янів з показниками зустрічності 72–98 % (амброзія полинолиста, щириця загнута, плоскуха звичайна), що стало наслідком зростання екологічного вакууму при збільшенні площ посіву просапних культур та підвищення фітотоксичної і адаптивної стійкості даних видів бур'янів.

Розкрито закономірності трансформації видової структури бур'янів в агроценозах, яка полягає в тому, що швидкість її мінливості залежить від інтенсивності модернізації засобів виробництва і зводиться до мінімуму в природних сукцесіях.

Встановлено, за яким агроекологічним сценарієм може розвиватися ситуація в гербологічній, гербіцидній та агросистемній сфері сільського господарства. За умов інтенсивної диверсифікації аграрного виробництва та концентрації ринків новим змістом наповнюється поняття сівозмін та системне чергування культур. На перший план виступає вже не залежність урожайності культури від попередника, а допустимість насичення їх токсикантами гербіцидного походження. На заваді неконтрольованого рівня поширення гербіцидів повинно стати науковообґрунтоване чергування пестицидомістких (кукурудза, соняшник) та фітоценотично стійких (пшениця озима) культур.

Для подолання негативно післядії гербіцидів на культури в сівозміні необхідно ввести в практику землеробства облік використаних гербіцидів в кожній ротаційній ланці.

Тенденція, яка набирає оберти, щодо застосування комбінованих гербіцидів може стати додатковим поштовхом для прискорення бур'янами набутої резистентності до діючої речовини препаратів різного хімічного класу. Тому для запобігання еволюційного виникнення гербіцидоімунітету необхідно через кожні 10 років змінювати фітотоксичну концепцію на основі нових механізмів депресії бур'янів.

Технологічні властивості та препаративні форми гербіцидів дозволять суттєво підняти ефективність хімічного способу боротьби з бур'янами, якщо

вони будуть краще адаптовані для внесення по мульчованій поверхні ґрунту та міститимуть збалансований асортимент ґрунтових і страхових препаратів.

Бур'яни внаслідок блискавичної перебудови адаптивних механізмів завжди випереджають фітотоксичну дію гербіцидів, тому актуальною залишається проблема комплексного застосування агротехнічних і хімічних методів.

При великих обсягах використання гербіцидів та широкому асортименті препаратів не всі вони відповідають номінальним фітотоксичним характеристикам, тому необхідно регулярно проводити польові випробування їх ефективності. Гербіциди, що мають технічну ефективність менше 80 %, не виправдовують себе в еколого-господарському відношенні.

Прогнозована технологічна модернізація землеробства буде супроводжуватись відбором бур'янів з універсальними біологічними і адаптивними властивостями – висока насіннева продуктивність, розтягнутість циклів розвитку, підвищена резистентність, конкурентність в посівах різних культур (амброзія полинолиста, плоскуха звичайна, щириця загнута, осоти).

Найбільш збалансована в екологічному і господарському плані система ефективного контролювання забур'яненості повинна базуватись на таких технобіогенних параметрах: посівна площа різних просапних культур в структурі розміщення не більше 35–38 %, обсяги використання гербіцидів на посівах просапних культур до 75–85 %, суцільного способу сівби 55–60 %, оранка на площі – 20–25 %, технологія No-till – 10–15 % та 60–70 % інші прийоми мінімалізації обробітку ґрунту.

4.2. Оцінка загальної щільності забур'яненості та банку насіння бур'янів агроландшафтів

Бур'яни залишаються одним з найбільш шкідливих факторів у сільському господарстві, що викликає значні втрати врожаю. Важливою складовою контролювання бур'янів є наявний банк їх насіння у ґрунті, який має високий

ступінь кореляції зі ступенем фактичної забур'яненості посівів [40, 179, 189, 217, 504]. Тема досліджень стає надзвичайно актуальною у зв'язку з інтенсивною динамікою видового та кількісного складу бур'янів в агроценозах і необхідністю прогнозування агротехнологічної та хімічної системи контролювання забур'яненості посівів сільськогосподарських культур.

Сучасні гербіциди, що застосовуються в технологіях вирощування зернових культур, мають досить високий рівень технічної ефективності, проте навіть у цьому випадку бур'яни з підвищеною стійкістю до хімічних препаратів не здатні достатньою мірою запобігти втратам врожаю зерна та екологічному поширенню бур'янів [325, 400, 460]. У цьому контексті важливі результати щодо еколого-економічної оцінки рекомендованих у сільському господарстві агротехнологій отримали М. Spoth та ін. [505], які показали, що заходи боротьби з бур'янами в багатьох випадках перевищують обсяги виробництва зерна та розмір отриманого прибутку.

К. Alijani та ін. [444] у дослідженні забур'яненості посівів сільськогосподарських культур визначили, що банк насіння бур'янів у ґрунті є важливою детермінантою надземного флористичного складу та їх щільності у агроєкосистемах. Кількісні та якісні показники банку насіння бур'янів можуть допомогти виробникам спрогнозувати, якою мірою вони стикаються з проблемою забур'яненості. Порівнюючи різні системи обробітку ґрунту при вивченні динаміки банку насіння бур'янів та його видового складу з фактичною забур'яненістю посівів, було також доведено, що на їх банк насіння більше впливають погодні умови, ніж різні системи обробітку ґрунту.

А. Md-Akhir та ін. [481] і R. Idziak та ін. [471] розглядали проблему поширення бур'янів на територіях сільськогосподарського використання для вирощування різних культур як таку, що формується не лише безпосередньо в посівах, а й на землях, які потребують відновлення та рекультивації з наявним банком насіння в ґрунті. Значні трансформації екосистем шкідливих організмів спостерігаються в умовах зміни клімату, глобального потепління та водозабезпеченості, що зумовлює необхідність адаптивних технологічних

заходів при вирощуванні польових культур, зокрема однієї з найпоширеніших культур у світі – пшениці озимої. Це достовірно підтверджено польовими експериментами Bajwa et al. [446].

Висновки L. Butkeviciene та ін. [454] експериментально підтвердили, що в умовах зміни клімату та інтенсивного землеробства довготривалі сівозміни підвищують продуктивність культур, зменшують забур'яненість і банк насіння бур'янів у ґрунті, а отже, сприяють підтримці стійкості агроєкосистеми. Початкові польові дослідження щодо ефективності контролю бур'янів показали, що одним із шляхів покращення захисних функцій технології вирощування зернових є подвійне застосування гербіцидів. Так, автори вважають, що дворазова обробка посівів пшениці озимої супроводжується підвищенням врожайності зерна на 73 %, а також значним очищенням посівів від насіння бур'янів у ґрунті.

Значних позитивних результатів у боротьбі з бур'янами можна досягти шляхом підбору прийомів основного обробітку ґрунту та врахування особливостей руху насіння бур'янів у ґрунті залежно від глибини обробітку та розподілу бур'янів у вертикальному розрізі, це наукове положення підтвердили дослідження Q. Maqsood та ін. [480]. Доведено, що навіть при концентрації у верхньому шарі ґрунту та провокуванні його проростання агротехнічні заходи контролю забезпечують високий ступінь очищення ґрунту в сівозміні. Комплексні дослідження показали, що ґрунтовий банк насіння бур'янів можуть відображати вплив довгострокового кумулятивного управління полем та послідовності культур на бур'янові угруповання. Крім того, ґрунтовий банк насіння надає точну оцінку майбутніх проблем з бур'янами, а також їх потенційного різноманіття та пов'язаних з ними екологічних функцій. З цією метою автори оцінили вплив різних довгострокових систем землеробства в одній і тій же послідовності сівозміни на чисельність, різноманітність і збір насіння бур'янів, а також на функціональну різноманітність і склад. Важливий висновок на основі багаторічних досліджень зробили О. Курдюкова та О. Тищук [183], що в умовах високого банку насіння бур'янів в Україні для зменшення видового та

кількісного складу бур'янів у ґрунті необхідно застосовувати комплекс довготривалих агротехнічних, біологічних, фітоценотичних, хімічних та організаційних заходів, які доповнюють і підсилюють один одного. Огляд літератури показав, що обрана тема вивчена недостатньо. Тому метою наших досліджень є оцінка рівня банку насіння бур'янів та фактичної забур'яненості різних компонентів агроecosистем у степовій зоні України.

Для вивчення механізмів збереження таксономічного різноманіття бур'янів та розповсюдження насіння виділено такі компоненти агроecosистем: переліг; площі 60-річних полезахисних смуг; землі в багаторічному обробітку (стаціонарні польові досліді). Дослідження проводилося протягом 2017–2021 рр.

Досліджено вплив сівозмін і прийомів основного обробітку ґрунту на особливості міграції та дислокації насіння бур'янів у ґрунтовому профілі ріллі. Методологія широкого залучення варіацій факторів, що формують забур'яненість, дозволяє встановити закономірності трансформації ступеня забур'яненості, планувати заходи боротьби з бур'янами та оцінювати ефективність агроecosистем (додаток Ж.1–Ж.8).

Аналіз банку насіння бур'янів земель агроecosистем показує, що втручання людини в еколого-ландшафтні комплекси у вигляді сільськогосподарської діяльності супроводжується значним збільшенням запасів насіння бур'янів у сівозміні на староорних землях накопичення до 452 млн насінин бур'янів в шарі ґрунту 0–30 см. Небезпека такого високого ступеня потенційної забур'яненості посівів посилюється ще й ґрунтовим профілем ріллі, що містить значну кількість насіння в кожному шарі, що при вертикальній міграції в будь-якому випадку створює ризик високої забур'яненості. Наприклад, у верхньому 0–10 см шарі ґрунту з високим коефіцієнтом стимуляції проростання насіння кількість насінин становила 133 млн шт./га (табл. 4.4).

Більш консервативна частина насіння, яка знаходиться в шарі 10–30 см, становить 306 млн шт./га і несе в собі пролонговану небезпеку підвищення ступеня забур'яненості посівів. Рівень технологічної культури та впровадження системи заходів боротьби з бур'янами є ефективним засобом зменшення

насіннєвого банку бур'янів, що доведено експериментально. Про це свідчать дослідження ступеня забур'яненості насіннєвого фонду бур'янів у стаціонарних польових дослідах науково-дослідних установ, де проводився повний комплекс агротехнічних і хімічних заходів боротьби з бур'янами.

Таблиця 4.4

Банк насіння бур'янів в різних компонентах агроєкосистеми на різній глибині, млн шт./га (середнє за 2017–2021 рр., $x \pm SD$, $n=12$)

Ґрунт, спосіб його використання	Шар ґрунту, см			
	0–10	0–20	0–30	0–40
Перелогові землі	6 ± 1^a	7 ± 1^a	8 ± 1^a	8 ± 1^a
Орні землі ДП ДГ «Дніпро» ДУ ІЗК НААН України	133 ± 3^c	306 ± 7^c	452 ± 7^c	464 ± 8^c
Фермерське господарство «Олімп-2012»	37 ± 4^b	128 ± 5^b	205 ± 6^b	223 ± 5^b
Полезахисні смуги	7 ± 1^a	9 ± 2^a	11 ± 2^a	11 ± 2^a
Наукові стаціонарні досліді ДУ ІЗК НААН України	43 ± 4^b	140 ± 5^b	217 ± 6^b	228 ± 5^b
ННЦ НДП ДДАЕУ	63 ± 5^{bc}	180 ± 6^{bc}	305 ± 7^{bc}	311 ± 5^{bc}
Техноземи НДС РЗ ДДАЕУ:				
Насипний родючий шар ґрунт	113 ± 4^c	209 ± 6^{bc}	299 ± 5^c	311 ± 6^c
Лесоподібний суглинок	59 ± 3^{bc}	116 ± 3^b	188 ± 4^{bc}	163 ± 5^{bc}
Червоно-бура глина	33 ± 2^b	75 ± 3^b	109 ± 3^b	110 ± 3^b
Сіро-зелена глина	40 ± 2^b	91 ± 2^b	132 ± 4^b	134 ± 3^b

Примітка: різними літерами позначені значення, які суттєво відрізняються одна від одної в межах колонки таблиці за результатами порівняння за критерієм Тьюкі ($P < 0,05$) з поправкою Бонферонні.

Проблеми захисту польових культур від бур'янів не зникають, якщо рівень банку насіння бур'янів високий, навіть при застосуванні новітніх ефективних методів боротьби з бур'янами. Розуміння процесів реалізації насіннєвого банку умовно-природних компонентів агроєкосистем дозволить приймати ефективні рішення у сільськогосподарській практиці землеробства. Дослідження насіннєвого фонду бур'янів перелогів та полезахисних лісових смуг, створених

у 60-х роках ХХ століття показали, що процеси активізації насіннєвих ресурсів на необроблюваних землях відбуваються значно повільніше. У ґрунтах перелогів, де не проводяться агротехнічні заходи, сформувався відносно стабільний трав'яний покрив. Такий трав'яний покрив можна охарактеризувати як багаторічний тип забур'яненості. Цей тип забур'яненості не повинен характеризуватися надходженням насіння однорічних видів в обсягах, критичних для розвитку природної сукцесії.

Бур'яновий насіннєвий фонд перелогів у верхньому шарі ґрунту становить 6–7 млн насінин/га. У глибших шарах спостерігаються лише залишкові ознаки насіння бур'янів на рівні 1–2 млн насінин/га. Таким чином, ступінь забур'яненості орних земель у 20–50 разів вищий, ніж у природних сукцесійних місцях розвитку. Таким чином, як у природному, так і в сільськогосподарському середовищі, найважливішими факторами трансформації банку насіння бур'янів є насіннєвий фонд бур'янів, якість ґрунту, конкурентоспроможність видів рослин, агротехнологічні особливості вертикальної міграції насіння та ефективність засобів контролювання бур'янів.

У системі землеробства банк насіння бур'янів є основним фактором, що визначає ступінь забур'яненості посівів, рівень негативного впливу бур'янів та величину втрат врожаю [183]. Кореляційний зв'язок між насіннєвим фондом бур'янів та врожайністю сільськогосподарських культур є одним із найвищих серед інших чинників, навіть незважаючи на те, що реалізація насіннєвого матеріалу значною мірою залежить від реалізації насіннєвих запасів екологічних ніш в агроєкосистемах, конкурентної напруженості на різних етапах розвитку рослин, вологості ґрунту, синхронізації сільськогосподарських циклів з фазами біологічного пробудження бур'янів, а також локалізації насіння в зоні активної стимуляції або тривалої консервації.

Вивчення мінливості показників банку насіння бур'янів залежно від сівозміни та обробітку ґрунту (встановлення амплітуди коливань в орному шарі на ротаційній таблиці) дозволяє визначити характеристики мінливості та консервативності характеру насіннєвого банку бур'янів.

Результати досліджень показують, що максимальне значення банку насіння бур'янів в орному шарі спостерігається на початку весняно-польових робіт у чорному парі та посівах ячменю ярого, де його показники становили 449–499 млн насінин на гектар. Закономірність такої динаміки потенційної забур'яненості знаходить своє пояснення в тому, що поля чорного пару і ячменю ярого розміщуються в сівозміні після просапних культур соняшнику і кукурудзи, які наприкінці вегетації та збирання врожаю плодоносять та сприяють зростанню потенційної забур'яненості ґрунту (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Вплив прийомів обробітку ґрунту та сівозміни на банк насіння бур'янів,
млн шт./га (середнє за 2017–2021 рр., $x \pm SD$, $n=12$)

Сівозміна	Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту		
		Оранка	Дисковий	No-till
Чорний пар	0–10	60±5 ^a	187±8 ^b	231±9 ^{bc}
	0–30	320±9 ^a	388±9 ^b	449±10 ^{bc}
Пшениця озима	0–10	42±3 ^a	85±6 ^b	98±8 ^{bc}
	0–30	180±9 ^a	242±8 ^b	248±9 ^{bc}
Соняшник	0–10	45±3 ^a	98±5 ^b	159±8 ^c
	0–30	301±9 ^a	335±9 ^b	391±9 ^c
Ячмінь ярий	0–10	72±5 ^a	210±8 ^b	245±8 ^{bc}
	0–30	368±9 ^a	399±9 ^b	499±10 ^c
Кукурудза на зерно	0–10	79±5 ^a	112±4 ^b	148±8 ^c
	0–30	299±9 ^a	354±6 ^b	385±9 ^c

Примітка: різними літерами позначені значення, які суттєво відрізняються одна від одної в межах колонки таблиці за результатами порівняння за критерієм Тьюкі ($P < 0,05$) з поправкою Бонферонні.

Чорний пар у сівозміні характеризувався зниженням ступеня забур'яненості насіннєвого банку бур'янів у полі пшениці озимої на 202–253 млн шт./га порівняно з технологією No-till, де банк насіння бур'янів у сівозміні був максимальним. Рівень прогнозування ступеня негативної забур'яненості був

найвищим у просапних посівах кукурудзи та соняшнику, які характеризувалися високим коефіцієнтом реалізації банку насіння бур'янів у вегетативну фазу їх росту та розвитку (показник банку насіння бур'янів становив 380–388 млн шт./га).

Дослідженнями визначено, що до найвищої групи ризику належали поля чорного пару та ярого ячменю – 231–249 млн шт./га у 0–10 см шарі ґрунту, тоді як до найнижчої групи ризику належали посіви озимої пшениці – 98 млн шт./га, а середню позицію займали посіви кукурудзи на зерно та соняшнику – 148–159 млн шт./га. Важливим елементом системи боротьби з бур'янами є прийоми основного обробітку ґрунту, а також ефективне регулювання забур'яненості за допомогою сівозміни. Механізми їх впливу на насіннєву продуктивність бур'янів ґрунтуються на можливості переміщення насіння між активними і консервативними шарами ґрунту та забезпеченні якісного внесення ґрунтових гербіцидів. Оранка є найбільш радикальним способом зниження забур'яненості посівів культур у сівозміні за рахунок заглиблення насіння бур'янів, насамперед тих, що потрапили в нижню мертву зону ріллі.

В результаті такого алгоритму міграції насіння бур'янів у верхньому шарі ґрунту під усіма культурами формується мінімальний банк насіння бур'янів (41–80 млн насінин/га) на фоні оранки. Збільшення банку насіння бур'янів у 1,4–3,8 разів зафіксовано у верхньому шарі ґрунту за дискового обробітку ґрунту та нульового обробітку внаслідок концентрації в орному шарі насіння бур'янів попереднього покоління.

Враховуючи, що циркуляція насіння бур'янів при впровадженні No-till технології відбувається в обмеженому об'ємі (0–10 см), домінуючим фактором є не ця обставина, а концентрація репродуктивного ресурсу бур'янів у верхньому шарі орного шару ґрунту. Як правило, це просторовий розподіл насіння бур'янів у ґрунті призводить до збільшення активної забур'яненості на фоні мінімального обробітку ґрунту в 1,7–2,3 рази. Регуляторна здатність сівозмін та обробітку ґрунту на формування банку насіння бур'янів досить значна.

Регулятивна здатність сівозмін, обробітку ґрунту щодо формування потенційної забур'яненості ґрунту є достатньо суттєвою, наприклад, якщо у структурі посіву пшениці озимої на фоні оранки в шарі 0–30 см містилося 117 млн шт./га; у варіанті ячменю ярого за прямої сівби (No-till) потенційна забур'яненість зростала до 504 млн шт./га. І навіть за високої фітоочисної ефективності чорного пару та значної конкурентоздатність культур суцільного способу сівби, залишкова потенційна засміченість завжди потребує застосування гербіцидів для контролювання бур'янів та припинення насіннєвої продуктивності бур'янів у ґрунт.

Висока біологічна пристосованість бур'янів до протидії негативним факторам дозволяє їм продовжувати поширюватися в агроєкосистемі та залишатися невід'ємними компонентами в структурі сівозмін, незважаючи на значні перешкоди, створені людиною (застосування агротехнічних хімічних, біологічних заходів боротьби тощо). Основним джерелом еволюційної агресивності бур'янів є їхня надзвичайно висока репродуктивна здатність.

На жаль, сьогодні ми не маємо достатньої інформації про різноякісність насіння бур'янів, тривалість періоду спокою, стимулювання виходу анабіозу, хімічні методи знищення їх резервацій, реакції на анаеробні умови тощо. Як не парадоксально, науково доведеним фактом є твердження про те, що основні резервації бур'янів пов'язані з землями сільськогосподарського використання, де бур'яни одержують всі необхідні екологічні умови для росту і розвитку. Візуальна стадія розвитку фітоценозів бур'янів (активна забур'яненість) в умовах різних біотехногенних ландшафтів підтвердила цей висновок (табл. 4.6). Найвищий ступінь забур'яненості насіннєвими формами рослин спостерігався на староорних землях (85 шт./га) та на рекультивованих ділянках з насипним верхнім шаром чорнозему південного (78 шт./м²).

В угрупованні бур'янів, що формуються на природних пасовищах та багаторічних перелогах і функціонують через біологічні механізми без агротехнічного втручання людини, частка однорічних видів зменшилася до 22–31 шт./м².

Таблиця 4.6

Особливості формування фітоценозів бур'янів на різних технобіогенних об'єктах землекористування, шт./м² (середнє за 2017–2021 рр., $\bar{x} \pm SD$, n=12)

Технобіогенні об'єкти	Види бур'янів			Всього
	односім'я- дольні	двосім'я- дольні	багато- річні	
Перелогові землі	13±2 ^{ab}	17±2 ^{ab}	98±5 ^c	128±6 ^d
Орні землі ДП ДГ «Дніпро» ДУ ІЗК НААН України	24±3 ^b	62±4 ^{bc}	7±1 ^a	93±5 ^c
Фермерське господарство «Олімп-2012»	18±3 ^b	34±3 ^b	4±1 ^a	56±4 ^{bc}
Полезахисні смуги	8±1 ^a	7±1 ^a	15±2 ^b	30±3 ^a
Наукові стаціонарні дослідни ДУ ІЗК НААН України	20±3 ^b	37±3 ^b	5±1 ^a	62±4 ^{bc}
ННЦ НДП ДДАЕУ	25±3 ^b	55±4 ^{bc}	5±1 ^a	85±5 ^c
Техноземи НДС РЗ ДДАЕУ:				
Насипний родючий шар ґрунт	23±3 ^c	51±5 ^{bc}	4±1 ^c	78±6 ^c
Лесоподібний суглинок	19±2 ^{bc}	40±3 ^b	5±1 ^{bc}	63±5 ^{bc}
Червоно-бура глина	12±2 ^b	34±3 ^b	3±1 ^b	49±3 ^b
Сіро-зелена глина	15±2 ^b	36±2 ^b	4±1 ^b	55±3 ^b

Примітка: різні літери позначають значення, які суттєво відрізняються один від одного в межах колонки таблиці відповідно до результатів порівняння за критерієм Тьюкі ($P < 0,05$) з поправкою Бонферонні

Багаторічні бур'яни, що домінують у природному середовищі (98 шт./м²) не становлять загрози значного поширення в агроєкосистемах через їхню обмежену екологічну дифузю. Динаміка чисельності надземних бур'янів в агроєкосистемах підпорядковується законам конкурентної боротьби та рівня ефективності захисних комплексів. Найбільш показовою залежність між загальною щільністю бур'янів та насіннєвим фондом бур'янів проявилася на чорному парі. За період вегетації було зафіксовано 431 бур'янів на м² на чорному парі на фоні оранки, а за технології No-till значно більше – до 708 бур'янів на м², або в 1,6 разів (табл. 4.7).

Очищення ґрунту від насіння бур'янів по чорному парі та висока конкуренція в щільних посівах пшениці озимої сприяло зниженню забур'яненості до 19 шт./м² за оранки та до 43 шт./м² за прямої сівби.

Таблиця 4.7

Формування ступеня фактичної забур'яненості сівозміни залежно від основного обробітку ґрунту, шт./м² (середнє за 2017–2021 рр., $\bar{x} \pm SD$, n=8)

Сівозміна	Обробіток ґрунту		
	Оранка	дисковий	No-till
Чорний пар	431±4 ^a	607±5 ^b	708±6 ^c
Пшениця озима	19±2 ^a	27±3 ^{ab}	43±4 ^b
Соняшник	34±3 ^a	50±4 ^b	78±5 ^c
Ячмінь ярий	29±3 ^a	125±5 ^b	292±6 ^c
Кукурудза на зерно	44±3 ^a	62±4 ^b	83±5 ^c

Примітка: різні літери позначають значення, які суттєво відрізняються один від одного в межах колонки таблиці відповідно до результатів порівняння за критерієм Тьюкі ($P < 0,05$) з поправкою Бонферонні

Стримуючий вплив чорного пару на поширення бур'янів проявився також у посівах наступної після пшениці озимої культури (соняшник), де ступінь забур'яненості був в межах 37–77 рослин/м². Загроза ураження соняшнику, культури, яка може дати 150–220 тис. сходів падалиці на гектарі в посівах наступного року, стає все більш поширеною. Наслідки одного лише посіву соняшника особливо помітні на фоні безполицевого обробітку ґрунту.

Наприклад, у посівах ярого ячменю загальна кількість бур'янів та залишків соняшнику на посівах ярого ячменю та нульового обробітку ґрунту досягла критичних рівнів 125–292 шт./м². Наприкінці сівозміни на полях кукурудзи на зерно забур'яненість була високою (44–83 шт./м²) зі значним зростанням за мілкового обробітку ґрунту. Інакше кажучи, сівозміна – це організаційно-технологічний метод боротьби з бур'янами, який включає в себе чергування культур і різних прийомів контролювання бур'янів (механічні, хімічні, біологічні).

Поряд з кількісними характеристиками бур'янових угруповань, лінія їхньої еволюції також проходить через видові трансформації. В результаті біологічного та технологічного добору 3–5 видів стали домінуючими бур'янами в агроєкосистемах: *Ambrosia artemisiifolia* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Echinochloa crus-galli* L., *Setaria glauca* L., *Polygonum*

convolvulus L. Частка цих видів у сівозміні становить 50–60 %, а в просапних культурах сягає 80–85 %.

У стаціонарному польовому досліді ДУ Інститут зернових культур НААН України, встановлено значний вплив фактичної та потенційної забур'яненості, прийомів основного обробітку ґрунту та попередників в зерно-паро-просапній і зерно-просапній сівозмінах на врожайність сільськогосподарських культур. Згідно з результатами досліджень урожайність всіх культур сівозміни залежала від прийомів основного обробітку ґрунту та інтенсивності розпушення чорнозему. Важливе значення в регулюванні врожайності відіграло збільшення глибини оранки та чизельного обробітку порівняно з фактом втрати продуктивності посівів пшениці озимої при нульовому та мілкому обробітку, різниця в урожайності між оранкою та нульовим обробітком досягала після чорного пару – 0,35 т/га, після гороху – 0,21 т/га (табл. 4.8). Аналогічна реакція таких культур сівозміни, як соняшник, ячмінь ярий, кукурудза на зерно, була показовою щодо зниження урожайності цих культур на фоні мінімальних прийомів основного обробітку ґрунту. Цей факт переконливо доводить ряд наступних показників врожайності: соняшник при переході до мінімальних прийомів обробітку ґрунту втрачав – 0,44 т/га в зерно-паро-просапній сівозміні та 0,39 т/га в зерно-просапній сівозміні; ячмінь ярий – 0,47 т/га та 0,47 т/га; кукурудза на зерно – 0,59 т/га та 0,49 т/га зерна, відповідно. Як видно, забезпечення кращих агрофізичних умов та нижчого ступеня забур'яненості сформувалася стійка тенденція до зростання врожайності польових культур при наявності парового поля в сівозміні. Так, врожайність зернових культур та соняшника при всіх прийомах обробітку ґрунту і розміщення культур в сівозміні була на 0,13–0,34 т/га більше в системі зерно-паро-просапної сівозміни. В той же час виникають деякі протиріччя між урожайністю культур та виходом зерна і маслонасіння з 1 га сівозмінної площі. Як правило встановилася стійка тенденція до того, що в системі зерно-просапної сівозміни показники продуктивності виявилися вищими ніж при введенні поля чорного пару в сівозміну на 0,28–0,37 т/га.

Таблиця 4.8

Вплив основного обробітку ґрунту на врожайність культур сівозміни, т/га
(середнє за 2017–2021 рр.)

Обробіток ґрунту			
оранка	Чизельний	дисковий	No-till
чорний пар / горох*			
0/2,82*	0/2,57	0/2,31	0/2,12
пшениця озима			
5,63/5,29	5,41/5,28	5,36/5,19	5,28/5,08
соняшник			
3,08/2,84	2,87/2,65	2,73/2,53	2,64/2,45
ячмінь ярий			
3,35/3,17	3,18/2,91	3,00/2,74	2,88/2,70
кукурудза на зерно			
7,46/7,21	7,32/7,18	7,04/6,87	6,87/6,72
НІР ₀₅ , т/га: для сівозмін – 0,10–0,12; для обробітку ґрунту – 0,09–0,11			
Одержано на 1 га сівозмінної площі зернових та олійних культур, т			
3,90/4,27	3,76/4,12	3,62/3,93	3,53/3,81

Примітка: * – чисельник (зерно-паро-просапна сівозміна: чорний пар–пшениця озима–соняшник–ячмінь ярий–кукурудза на зерно); знаменник – (зерно-просапна сівозміна: горох–пшениця озима–соняшник–ячмінь ярий–кукурудза на зерно)

Одним з найбільш ефективних заходів контролювання бур'янів та попередження значних втрат польових культур є введення в короткоротаційні сівозміни поля чорного пару. Посилення ступеня знищення бур'янів в паровому полі можна досягти також завдяки регулюванню глибини обробітку ґрунту полицевими плугами. Як правило в полі чорного пару спостерігається найбільш інтенсивне проростання насіння бур'янів та появи їх сходів. Така особливість динаміки формування фітоценозу бур'янів в пару за відсутності біологічної конкуренції дозволяє спровокувати інтенсивний їх ріст, а потім знищити в орному шарі до 80% банку насіння бур'янів. Цей науковий факт повністю підтвердився в наших дослідженнях, де за період парування проросло і було знищено в процесі механічного догляду за паром 489–618 шт./м² екземплярів різновидових бур'янів (табл. 4.9). Подальший характер динаміки формування фітоценозів бур'янів в сівозміні залежить також від глибини проведення оранки, що пов'язано з міграцією насіння бур'янів у вертикальному профілі.

Таблиця 4.9

Вплив основного обробітку на фактичну забур'яненість посівів та біологічну реакцію рослин сільськогосподарських культур в зерно-паро-просапній короткоротаційній сівозміні (середнє за 2017–2021 рр.)

Показники	Оранка		
	на 12–14 см	на 20–22 см	на 25–27 см
чорний пар			
Забур'яненість, шт/м ²	618	537	489
Повітряно-суха маса бур'янів, г/м ²	957	798	659
пшениця озима			
Забур'яненість, шт/м ²	25,7	17,4	10,6
Повітряно-суха маса бур'янів, г/м ²	12,0	10,0	6,2
Врожайність зерна, т/га	3,57	4,31	4,62
НІР ₀₅ , т/га			0,08–0,11
кукурудза на зерно			
Забур'яненість, шт/м ²	25,0	19,3	14,1
Повітряно-суха маса бур'янів, г/м ²	14,0	10,3	7,3
Врожайність зерна, т/га	4,85	5,70	6,18
НІР ₀₅ , т/га			0,10–0,12
соняшник			
Забур'яненість, шт/м ²	27,1	24,1	17,0
Повітряно-суха маса бур'янів, г/м ²	20,3	16,8	12,5
Врожайність насіння, т/га	2,46	2,81	2,93
НІР ₀₅ , т/га			0,08–0,10

Такий характер розподілу насіння бур'янів в орному шарі виявився визначальним фактором формування ступеня забур'яненості в посівах пшениці озимої, кукурудзи на зерно і соняшника. Як виявилось внаслідок різної глибини обробітку ґрунту в чорному парі було створено передумови за яких в посівах пшениці озимої діапазон забур'яненості вкладався в межах 10,6 шт/м² при глибині обробітку на 25–27 см, 17,4 шт./м² – на 20–22 см, 25,7 шт./м² – на 12–14 см, відповідно. Комплексний вплив забур'яненості посівів та агрофізичних показників викликав відповідну ростову реакцію пшениці озимої на ці фактори,

що дозволило одержати врожайність зерна цієї культури в межах 3,57–4,62 т/га. В цій ситуації спостерігалось компенсаторне нівелювання впливу даних факторів на кінцевий урожайний результат.

У зв'язку з нижчим рівнем біологічної конкурентоздатності кукурудзи і соняшника порівняно з озимою пшеницею ступень забур'яненості пізніх ярих культур був вищим і досягав 14,1–27,1 шт/м².

Згідно із селективним потенціалом урожайності кукурудзи і соняшника одночасно на їх рівень врожайності впливала глибина обробітку та стан розпушеності чорнозему. В цьому випадку врожайність кукурудзи на зерно варіювала залежно від глибини обробітку від 4,85–6,18 т/га, соняшнику від 2,46–2,93 т/га, відповідно.

Сильнодіючим фактором формування кількісного та видового складу бур'янів виявилися різні моделі техноземів (табл. 4.10), де рівень забур'яненості посівів тонконогово-бобових сумішків на насипному родючому шарі ґрунту – 81 шт/м², лесоподібний суглинок – 66 шт/м², червоно-бура глина – 50 шт/м², сіро-зелена глина – 53 шт/м², при цьому врожайність сухої маси багаторічних трав становила – 4,73; 4,66; 4,37; 4,51 т/га, відповідно.

Таблиця 4.10
Фактична забур'яненість посівів та біологічна реакція багаторічних фітоценозів в базових моделях техноземів, (середнє за 2019–2021 рр.).

Показники	Насипний родючий шар ґрунту	Лесоподібний суглинок	Червоно- бура глина	Сіро- зелена глина
Забур'яненість, шт/м ²	81	66	50	53
Повітряно-суха маса бур'янів, г/м ²	43	38	30	34
Врожайність сухої маси багаторічних трав, т/га	4,73±0,08 ^a	4,66±0,07 ^a	4,37±0,08 ^{b,c}	4,51±0,08 ^b
НІР ₀₅ , т/га				0,09–0,11

Примітка: різні літери позначають значення, що суттєво відрізняються одне від одного в таблиці результатів порівняння за допомогою тесту Тьюкі (P<0,05) з поправкою Бонферонні

4.3. Фітоценотична стійкість сільськогосподарських культур та тривалість гербокритичного періоду

Ефективність контролювання забур'яненості в посівах різних біологічних груп сільськогосподарських культур в значній мірі залежить не тільки від потенційної засміченості ґрунту, але і від рівня конкурентоздатності в критичний період їх росту і розвитку [38, 150, 386, 512].

Поряд з радикальними прийомами прямої дії на бур'яни, такими як механічні способи їх знищення та застосування гербіцидів, розподіл пресингових амплітуд конкурентних відносин є також ефективним способом стримування шкодочинності бур'янів. Як правило, співпадіння гербокритичного періоду з високим ступенем забур'яненості супроводжується максимальними втратами урожаю [335, 336, 390].

Як теоретичний базис, так і основні закономірності цієї проблеми дають достатньо досконалий інструмент для ефективного регулювання продуктивної частини агрофітоценозів, проте актуальність питання в практичній площині зростає у зв'язку з появою нових сортів, вибіркового гербіцидів та зміною кліматичного фактору.

Агробіологічні та фітоценотичні дослідження з вивчення гербокритичних періодів на різних фенофазах розвитку сільськогосподарських культур проводили в 2017–2021 рр. в польовому досліді на основі 4-х та 5-ти пільних сівозмін. Для визначення критичних періодів конкурентоздатності посівів культур суцільного та широкорядного способу сівби в досліді було встановлено контроль за динамікою розвитку бур'янів та культурних рослин, кількісних і вагових параметрів фітоценозів, розподілом пікових конкурентних навантажень, які викликають максимальні втрати урожаю.

Нашими дослідженнями встановлено, що шкодочинність бур'янів визначається не тільки їх великою кількістю і видовим складом, але і чутливістю до них культурних рослин залежно від їх фази росту. Масові сходи бур'янів в посівах зернових, що з'являються у другій половині вегетації, вже сильно не

впливають на врожайність культур. Боротьба з ними в цей період переважно покращує умови збирання врожаю зернових культур і попереджує зростання запасів насіння бур'янів в ґрунті під наступні культури.

По-іншому динаміка гербокритичних періодів розподіляється в посівах таких культур, як цукрові буряки, картопля, овочеві культури. Інтенсивний ріст бур'янів у другій половині вегетаційного періоду і вихід їх у верхній ярус посівів знижує врожайність внаслідок погіршення режимів життєзабезпечення культур і різко зростаючих втрат при збиранні [127–129]. Тому такі пізні бур'яни, які обумовлюють вторинне забур'янення посівів, необхідно знищувати. В цьому зв'язку особливо важливі знання про фази і періоди високої чутливості культур до бур'янів, що розвиваються в посівах.

Такі періоди в агроценозах, що визначаються фазою розвитку і тривалістю негативної реакції культур на бур'яни, називають критичними відносно до бур'янів, або гербокритичними.

Формування чистих посівів до початку гербокритичного періоду, як і підтримання посівів практично вивільненими від бур'янів протягом всього періоду росту, гарантує отримання максимального в конкретних умовах врожаю культури при мінімальних витратах на боротьбу з бур'янами.

Знання гербокритичного періоду культур дозволяє не тільки встановити оптимальні строки проведення знищувальних заходів, але і звести до мінімуму можливі втрати врожаю культур від бур'янів. У більшості сільськогосподарських культур початок гербокритичного періоду співпадає з ранніми фазами росту і розвитку.

Пшениця озима найбільш чутлива до бур'янів в перші 30 днів після сівби, тобто восени. Шкодочинність бур'янів, що з'явилися в посівах пшениці озимої навесні, послаблюється в 2–4 рази, хоча і викликає зменшення врожаю до 6–7 %. Нові практичні результати отримані в північному Степу при вивченні реакції пшениці озимої на тривалість росту в її посівах бур'янів. Так, ріст бур'янів протягом 15 днів з початку вегетації культури знизив врожайність зерна пшениці

озимої на 4,5 %; 30 днів – на 6,7; 73 дні – на 12,1; 100 днів – на 16,2 і протягом 150 днів – на 22,7 % [315].

Індиферентний період культур до бур'янів, протягом якого вони практично нешкідливі для посівів, визначається технологією вирощування і біологією сільськогосподарських культур. За дослідженнями [417], до входження культури в гербокритичний період у ярого ячменю проходить 1–1,5 тижні, соняшника – 2, гороху – 1–2, сої – 2–3 і кукурудзи – не більше 3 тижнів.

З розвитком хімічних засобів контролювання бур'янів та вдосконаленням агротехнічних заходів, що викликають депресію культурних рослин, посилюється конкуренція між ними. Це питання має велике значення з точки зору економічної доцільності вибору системи захисту від бур'янів.

Значна частина гербологічних досліджень присвячена проблемам шкодочинності бур'янів та їхньої конкуренції з культурними рослинами, але в більшості випадків це не вирішує усіх питань біологічної конкуренції і як правило торкається тільки частина теорії цієї проблеми. Основним недоліком таких досліджень є недостатній рівень технічної ефективності заходів управління фітоценозами бур'янів, які не дозволяють достатньо ефективно моделювати ці процеси на основі хімічних та агротехнічних заходів контролювання забур'яненості.

Для одержання об'єктивних результатів досліджень щодо фазової реакції кукурудзи на факт присутності в посівах бур'янів важливе значення має підготовка методики проведення дослідження зі своїми специфічними вимогами.

Основний принцип методики визначення реакції кукурудзи на бур'яни полягав у штучному регулюванні їх кількості залежно від стадії розвитку культури. Бур'яни повністю видаляли через 20, 30, 40, 50 та 60 діб в посівах кукурудзи і не проводили видалення всього видового комплексу до формування повної стиглості культури. З іншого боку для оцінки впливу тривалості підтримання посівів кукурудзи на зерно в чистому стані, коли бур'яни постійно

знищували через ті ж проміжки часу, створюючи неконкурентні умови для культурних рослин.

Схема з поступовим збільшенням періоду конкуренції дозволила визначити допустимі межі забур'яненості посівів на ранніх стадіях розвитку кукурудзи. Інша схема допомагала з'ясувати мінімальний період збереження активної фази контролювання забур'яненості.

Моделювання процесів конкурентних відносин в дослідях поряд з загальноприйнятими нормативами підтримувалася в основному за ручного видалення бур'янів згідно з визначеними для контролю періодами конкуренції в агроценозі та етапами вільного проростання культури.

Аналіз результатів дослідження показує значну варіативність, динамічність і багатофакторну залежність критичного періоду конкурентних відносин. Тривалість критичного періоду змінювалась залежно від технічних умов, ступеня забур'яненості, гідротермічних факторів, видового складу бур'янів та їхніх біологічних характеристик. Найвища шкодочинність бур'янів проявлялася в нашому експерименті на ранніх стадіях розвитку кукурудзи, коли проростало 75–87% банку насіння в ґрунті малорічних бур'янів, а мініатюрний габітус культури, як надземної так і підземної частини, ще не був здатний забезпечити високу конкурентоспроможність за основні фактори життя рослин.

Більш чутлива реакція кукурудзи на забур'яненість спостерігалася в першу чергу не від кількості бур'янів в посівах, а від біологічної маси, яка створювала високу корелятивну залежність. Перші 20–30 діб від утворення агрофітоценозу кукурудзи характеризувалися перевагою посівів, на які припадало 80–91 % загальної маси культурного та бур'янового компонента. Негативний вплив бур'янів на посіви зростав на пізніших стадіях розвитку і частка кукурудзи в загальній біомасі агроценозу за 40–50 діб спільного проростання знижувалась до 36–42 % (табл. 4.11–4.12).

Максимуму своєї шкодочинної дії бур'яни викликали за низького гідротермічного коефіцієнту, тобто за високої температури повітря і дефіциту

вологозабезпечення. На 40-й день сумісного проростання бур'яни переважали за біологічною масою частку кукурудзи на 17–36 г/м².

Комплексний вплив бур'янів на розвиток кукурудзи відобразився у врожайності зерна. При умові коли бур'яни в посівах не видалялися протягом 60 діб, врожайність зерна складала 6,66 т/га, а за весь вегетаційний період – 4,30 т/га.

Таблиця 4.11

Формування урожайності зерна кукурудзи залежно від тривалості періоду забур'янення посівів (середнє за 2019–2021 рр.)

№ п/п	Тривалість періодів, діб	Урожайність, т/га		Повітряно-суха маса бур'янів, г/м ²	
		період конкуренції	безконку- рентний період	період конкуренції	безконку- рентний період
1	20	8,00	5,37	0,9	420,6
2	30	7,81	7,00	7,0	200,8
3	40	7,72	7,25	98,0	78,6
4	50	7,48	7,49	484,8	35,4
5	60	6,66	7,80	676,1	9,4
6	Сівба – повна стиглість	4,30	8,07	1245,0	1,1
НІР ₀₅ , т/га					0,08–0,10

Найбільш негативна реакція урожайності кукурудзи (0,57–1,38 т/га) спостерігалася, коли період сумісного проростання бур'янів і кукурудзи становив 50–60 діб.

Пропорційні зниження врожайності зерна було помічено коли вегетаційний період становив 30–50 діб. Не дивлячись на те, що кукурудза на зерно після 40–50 діб вегетаційного розвитку в чистому стані має значну перевагу над бур'янами, все ж їх біологічна пластичність і пристосованість до жорстких умов дозволяла давати наступні генерації, що негативно впливало на продуктивність культури в цілому. Навіть при умові того, що кукурудза до 40–50 діб помітно переважала стан розвитку бур'янів, завдяки високій адаптивності шкідливих рослин, особливо в умовах обмеженого ресурсного та природного

забезпечення давала можливість формувати нові покоління, які викликали пригнічення росту і розвитку культури.

Таблиця 4.12

Зниження урожайності зерна кукурудзи залежно від тривалості спільного проростання в агроценозі, т/га за добу (середнє за 2019–2021 рр.)

Тривалість періодів, діб	Темпи зниження врожайності, т/га за добу		Коефіцієнт шкодочинності (т зерна на т маси бур'янів)	
	період конкуренції	безконкурентний період	період конкуренції	безконкурентний період
20	0,002	0,025	2,3	0,68
30	0,009	0,012	3,7	0,57
40	0,010	0,008	0,5	1,11
50	0,012	0,006	0,3	1,65
60	0,027	0,005	0,2	2,95
Сівба – повна стиглість зерна	0,031	0	0,3	0

Функціонування агроценозу кукурудзи відмічається важливими особливостями при різній тривалості періодів забур'яненості посівів, які супроводжувалися при умові зміни інтенсивності негативного впливу на формування врожайності зерна кукурудзи.

Так, при збільшенні тривалості конкурентного періоду втрати врожаю кукурудзи в період спільної вегетації викликали також активність депресії культури у випадку коли розрахунки проводили на 1 добу (табл. 4.12) і досягали максимальних параметрів (0,031 т/га за 1 добу конкуренції) коли щільність бур'янів була достатньо високою протягом всього періоду вегетації культури. В таких же межах інтенсивність депресії за показником втрати врожайності зерна за період 60 діб становила 0,027 т/га за одну добу. Загроза зниження урожайності кукурудзи у цьому випадку зберігалася впродовж повного завершення вегетаційного циклу розвитку.

Таким чином, поетапний аналіз темпів втрати величини урожаю зерна кукурудзи показали, що при значному впливі початкових фаз розвитку все таки зберігається небезпека продовження негативної реакції на стадіях органогенезу

у другій половині формуванні врожаю. За отриманими результатами досліджень було з'ясовано, що найбільш значні втрати урожайності зерна спостерігалися в тому випадку коли вони співпадали з досягненням максимальної біологічної маси бур'янів.

Протилежний напрямок динаміки величини врожаю і ступеня забур'яненості проявився коли кукурудза знаходилася під тиском щільної забур'яненості. При умові збільшення періоду спільного проростання культури і бур'янів закономірно виявилось зниження продуктивності кукурудзи в перерахунку на одну добу. Сутність механізму реакції кукурудзи на трансформацію почергової зміни періодів конкуренції полягала в тому, що мінімальні втрати врожаю зерна спостерігалися при умові підтримання посівів цієї культури протягом 20 діб, які становили 0,025 т/га за одну добу, паралельно з цим зменшення конкурентного навантаження на культурний компонент до 60 діб супроводжувалося мінімальними добовими втратами 0,005 т/га.

Вивчення характеру забур'яненості посівів кукурудзи при комбінованому одно-двосім'ядольному типові забур'яненості зі щільністю 159 шт/м², ступінь депресії культури був мінімальний і не супроводжувався до фази 3–5 листків кукурудзи суттєвим зниженням урожайності зерна (табл. 4.13). Надземна біомаса культури в безконкурентних і забур'янених посівах знаходилася під мінімальним депресивним тиском різних видів бур'янів, що створило умови для переважання і домінування культурного компоненту по масі накопиченої органічної речовини в 2,7 рази порівняно з бур'янами. В подальшому конкурентоздатність кукурудзи суттєво послаблювалася і протягом наступних 10 діб вона вже поступалася бур'янам в 1,3–2,2 рази на фазу досягнення повної стиглості зерна. У випадку коли в посівах кукурудзи не проводилися агротехнічні заходи контролювання бур'янів рослини чутливо реагували на присутні в посівах види бур'янів протягом 75 % періоду вегетації.

Спостереження за динамікою етапів конкурентної напруженості показало, що особливо критичний момент настає після досягнення критичного періоду конкурентних відносин. В цей час рівень пригнічення кукурудзи досягає

максимальних параметрів, які проявляються в значному зниженні урожайності зерна та незворотному посиленні негативного впливу на стан культури.

Таблиця 4.13

Біомаса рослин кукурудзи і малорічних бур'янів
в безконкурентних та забур'яненних посівах (середнє за 2019–2021 рр.)

Строк відбору зразків	Фаза розвитку кукурудзи	Маса рослин, г/м ²				
		кукурудза на зерно		бур'янів		
		безконкурентний	в засмічених посівах	односім'ядольні	двосім'ядольних	разом
20 травня	сходи	7	7	0	3	3
30 травня	3–5 листків	11	9	0	4	4
10 червня	7–9 листків	159	100	33	79	112
20 червня	10–12 листків	297	129	79	176	255
30 червня	викидання волотей	449	241	99	218	317
15 липня	формування зерна	798	429	138	288	426
30 липня	молочна стиглість зерна	1259	651	275	393	668
20 серпня	молочно-воскова стиглість зерна	1520	689	301	409	710
НІР ₀₅ , г/м ²		4–8				

Індивідуальний характер конкурентні відносини мають залежно від біотипу забур'яненості та біологічних особливостей окремих видів, тому важливо відмітити незаперечний факт того, що багаторічні види бур'янів (ваточник сирійський, осоти рожевий та польовий, берізка польова та ін.) викликають більш раннє настання критичного періоду конкурентних відносин на 8–11 діб. Причиною такого явища як показав аналіз є прискорений розвиток коренепаросткових багаторічних видів на початку відновлення весняної

вегетації і посиленням засвоєнням цієї групою бур'янів поживних елементів та вологи.

Як показують результати досліджень приведені в таблиці 4.14 існують очевидні закономірності щодо біологічної маси зернових культур і бур'янів залежно від їх індивідуальної конкурентоздатності.

Наприклад, при ступені забур'яненості посівів в кількості 14–26 шт./м², яка утримувалася до настання фази молочно-воскового стану викликало зменшення органічної вегетативної маси пшениці озимої на 8,6 %, кукурудзи на зерно на 55,1 %, ячменю ярого на 24,2 % порівняно з безконкурентними посівами де бур'яни були відсутніми, як фактор депресії.

Таблиця 4.14

Залежність біомаси зернових культур від
шкодочинності бур'янів, г/м² (середнє за 2019–2021 рр.)

Фази розвитку культур	Безконкурентні посіви	Забур'яненість 14–26 шт./м ² малорічними бур'янами	Забур'яненість 8–16 шт./м ² багаторічними бур'янами
кукурудза на зерно			
3–5 листів	13	9	8
8–10 листів	194	140	132
Викидання волотей	441	267	269
Молочно восковий стан зерна	1514	694	648
пшениця озима			
Кущіння	129	125	119
Вихід в трубку	425	411	391
Колосіння	1069	975	842
Молочно восковий стан зерна	1410	1269	974
ячмінь ярий			
Кущіння	64	33	19
Вихід в трубку	367	266	239
Колосіння	745	632	520
Молочно восковий стан зерна	873	670	571
НІР ₀₅ , г/м ²			8–12

Таким чином, результати дослідження показали значну варіативність, динамічність і багатофакторну залежність критичного періоду конкурентних

відносин між культурним та бур'яновим компонентами. Тривалість критичного періоду змінювалась залежно від агротехнічних умов, ступеня забур'яненості, гідротермічних факторів, видового складу бур'янів та їхніх біологічних характеристик. Найвища шкодочинність бур'янів проявлялася в нашому експерименті на ранніх стадіях розвитку зернових культур, коли проростало 75–87% банку насіння в ґрунті малорічних бур'янів.

4.4. Оптимізація регламентів застосування гербіцидів в посівах сільськогосподарських культур

4.4.1. Особливості захисту посівів пшениці озимої від бур'янів в сівозміні

Інтеграція національного аграрного виробництва в світові ринки супроводжується суттєвими змінами структури посівних площ, домінуванням культур з високою продуктивністю, до яких відноситься пшениця озима, та посиленням ролі хімічних засобів контролювання забур'яненості посівів [129].

Внаслідок збільшення посівних площ пшениці озимої, які розміщуються в сівозміні по складних попередниках таких, як соняшник, помітно зростають ризики зменшення конкурентоздатності культури і зростання втрат урожаю зерна від бур'янів. Причиною такого явища є недостатня фітоценотична стійкість посівів озимини в результаті їх зрідження, погіршення умов вологозабезпеченості і живлення, відкриття додаткового екологічного простору для бур'янів [129, 294, 361, 421, 435, 502].

Процеси трансформації видової структури бур'янів ведуть до закріплення у фітоценозі найбільш резистентних і шкодочинних видів, таких як амброзія полинолиста, підмаренник чіпкий, берізка польова, осот рожевий та падалиця соняшника. Традиційні види зимуючих та дворічних бур'янів дещо відступають внаслідок розширення посівних площ просапних культур, які розкривають їх біологічні цикли розвитку. Актуальним залишається питання послаблення

пестицидного тиску на агробіологічні об'єкти за рахунок приведення у відповідність фітотоксичної дії гербіцидів до спектру резистентності бур'янів та цільового використання комбінованих препаратів при змішаній забур'яненості посівів пшениці озимої [129, 199, 238, 437, 500].

Метою досліджень було провести польові випробування нових формуляцій гербіцидів в посівах пшениці озимої та оптимізувати фітотоксичний склад бакових сумішей, що складаються з різноспектрових діючих речовин. Надати фітоценотичну оцінку реакції бур'янів на обприскування посівів гербіцидами шляхом візуального моніторингу прояву їх депресії, а також рівня біологічної індіферентності культури до дії гербіцидів.

Потенційна забур'яненість ґрунту в місцях проведення дослідів вегетативними органами розмноження багаторічних коренепаросткових бур'янів становила: 100–120 тис. шт./м² (тобто середня) і насінням малорічних: 700–800 млн. шт./га в орному шарі (висока).

Агротехніка пшениці озимої (сорт Комерційна) відповідала зональним рекомендаціям. Попередник соняшник, під передпосівну культивуацію вносили добрива N₃₀ P₃₀. В досліді вивчали гербіциди такі, як Гранстар Голд, в.г. (трибенурон-метил – 562,5 г/кг, тифенсульфурон-метил – 187,5 г/кг), Хаммер, в.г. (флорасулам, 250 г/кг); Квелекс, в.г. (галауксифен-метил 100г/кг + флорасулам, 100г/кг + клоквінтосет-кислоти, 70,8 г/кг (антидот)); Пріма Форте, к.с. (флорасулам, 5 г/л + амінопіралід), 10 г/л, 2-етилгексильовий ефір 2,4-Д, 180 г/л) та поверхнево-активна речовина ПАР Тренд 90 (додаток Е).

Формування типу і ступеня забур'яненості в досліді відбувалося під впливом агротехнічних заходів, гідротермічних умов та потенційної забур'яненості ґрунту. У фазу трубкування пшениці озимої до внесення гербіцидів ступінь фактичної забур'яненості посівів 19–22 шт./м², а видова структура фітоценозу була представлена на 68 % такими домінуючими видами як падалиця соняшнику 30,7%, амброзія полинолиста 27,6 % та підмаренник чіпкий 10,6%. Гербологічно традиційні для посівів озимих культур зимуючі види бур'янів (дескуренія Софії, сухоребрик) зустрічалися в мінімумі 0,5–1,0 шт./м².

При цьому на ділянках польового дослідження в цей період вегетації ступінь забур'яненості був достатньо вирівняним і становив 19–22 шт./м². Бур'яни знаходилися в достатньо чутливій фазі росту і розвитку до гербіцидів: падалиця соняшника – 6–12 см (2–3 пари листків), амброзія полинолиста – 4–9 см (сім'ядолі–3 листки), підмаренник чіпких – 8–14 см (1–5 міжвузля), багаторічні види 8–16 см (табл. 4.15).

Таблиця 4.15

Динаміка ступеня забур'яненості посівів пшениці озимої на фоні застосування гербіцидів, шт./м² (середнє за 2017–2019 рр.)

Варіанти	Строки визначення забур'яненості			
	перед внесенням гербіцидів	через 10 діб після внесення гербіцидів	через 30 діб після внесення гербіцидів	перед збиранням врожаю
1. Контроль	19,9	19,9	19,9	25,9
2. Гранстар Голд (20 г/га) + Хаммер (15 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	20,6	3,9	2,4	5,2
3. Гранстар Голд (20 г/га) + Хаммер (20 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	21,1	3,6	2,2	4,8
4. Гранстар Голд (25 г/га) + Хаммер (15 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	19,2	3,4	1,8	4,3
5. Гранстар Голд (25 г/га) + Хаммер (20 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	19,6	3,3	1,7	3,9
6. Гранстар Голд (30 г/га) + Хаммер (15 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	18,8	3,2	1,5	3,7
7. Гранстар Голд (30 г/га) + Хаммер (20 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	20,1	2,7	1,3	3,3
8. Гранстар Голд 35 г/га + Тренд 90 (300 мл/га)	21,4	3,5	2,1	4,6
9. Хаммер (25 г/га) + Тренд (300 мл/га)	20,6	3,7	2,2	4,9
10. Квелекс (60 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	18,5	3,4	1,8	4,3
11. Пріма Форте (0,7 л/га)	20,5	3,2	1,6	3,8
НІР ₀₅ , т/га	0,2–0,4			

Об'єктивною передумовою формування такої стриманої забур'яненості стали коротка осіння вегетація, затяжна стадія зимового спокою, різкий перехід до високих температур і тривалий посушливий період в міжфазовий проміжок «кущення-прапорцевий листок».

Згідно до схеми дослідів з вивчення фітотоксичних можливостей різних комбінацій діючої речовини флорасулам, тифенсульфурон-метил встановлена на 10 добу після внесення гербіцидів достатньо прозора картина чутливості або резистентності бур'янів.

За ступенем пошкодження найбільш стійкими до дії гербіцидів виявилися такі види бур'янів: берізка польова – 96 % (резистентність), амброзія полинолиста – 32 %, підмаренник чіпкий – 28 %, падалиця соняшника – 14 %, плоскуха звичайна – 100 %, осот рожевий – 16 %, решта видів бур'янів внаслідок контакту із гербіцидом практично повністю втратила відновлювальну здатність.

Основні ознаки фітотоксичного ураження бур'янів і падалиці соняшника (втрата тургору та інтенсивності хлорофільного забарвлення, обезводнення і висихання, припинення росту, повне відмирання) проявилися на 10 добу після обробки посівів гербіцидами. Значному посиленню депресивної дії сприяли посушливість клімату і різке висихання верхнього шару ґрунту. Із сумішків гербіцидів Гранстар Голд, в.г. (20–25 г/га) і Хаммер, в.г. (15–20 г/га) максимальна ефективність проявилась при внесенні гербіцидів Гранстар Голд, в.г. (25–30 г/га) + Хаммер, в.г. (20 г/га), яка становила 89–92 %, подальше зростання дози цих препаратів до 93 % було недоцільним. Застосуванням гербіцидів Квелекс, в.г. (60 г/га) і Пріма Форте, к.с. за глибиною враження амброзії полинолистної, підмаренника чіпкого і падалиці соняшника поступалося оптимальним дозам сумішків гербіцидів Гранстар Голд, в.г. і Хаммер, в.г.

Протягом 30 діб після внесення гербіцидів у фазі прапорцевого листка спостерігалися біометричні та фазові зміни пшениці озимої та бур'янів. Як культура, так і бур'яни знаходилися в зоні глибокого дефіциту вологи, коли випало лише 18–25 мм дощів, а запаси доступної вологи на момент молочної стиглості зерна (65 %) в 0–30 см шарі ґрунту становили тільки 14–23 мм. Висота

рослин озимини дещо збільшилася до 83,0–89,8 см, залишилося у функціональному стані 3–4 верхніх листки. Бур'яни, що проростали в посівах пшениці озимої після внесення гербіцидів, знаходилися під фітотоксичним впливом діючої речовини, конкурентним тиском культури і погодних умов з гідротермічним коефіцієнтом – 0,35–0,48, внаслідок чого ступінь забур'яненості протягом 30 діб постійно знижувалася порівняно з попереднім обліком (10 діб після обприскування).

Якщо на 10 добу після внесення гербіцидів глибина фітотоксичної депресії була не повною і залишковий ступінь забур'яненості становив 2,7–3,9 шт./м², то ще через 20 діб пролонгований токсичний пресинг сприяв його зниженню до 1,3–2,4 шт./м².

Важливо, що при цьому збереглася тенденція щодо показників технічної ефективності різних комбінацій діючої речовини у сумішках та комбінованих препаратів. При мінімальних дозах внесення суміші гербіцидів Гранстар Голд, в.г. 20 г/га + Хаммер, в.г. 15 г/га з ознаками життєздатності залишалося в посівах 2,4 шт./м² бур'янів, а за максимального дозування гербіцидів Гранстар Голд, в.г. 30 г/га + Хаммер, в.г. 20 г/га ступінь забур'яненості знижувався до 1,3 шт./м².

За рахунок розширення спектру фітотоксичної дії сумішки перевищували ефективність окремих гербіцидів внесених в максимальних дозах Гранстар Голд 35 г/га та Хаммер 25 г/га на 3–5 %. Сумішки гербіцидів Гранстар Голд та Хаммер надійно контролювали не тільки загальну забур'яненість, а й окремі бур'яни зі специфічною резистентністю, що забезпечило такий рівень технічної ефективності: падалиця соняшника – 97 %, підмаренник чіпкий – 95 %, амброзія полинолиста – 91 %.

Починаючи з 30 доби після обприскування посівів гербіцидами до збирання врожаю пшениці озимої спостерігалось деяке зростання ступеня забур'яненості за рахунок нової генерації плоскухи звичайної. Проте, практично не впливало на формування урожайності зерна, оскільки пшениця сформувала основну біологічну масу і рослини стали менш залежними від конкуренції в агроценозі та від ґрунтових умов. Масові загрози появи другої «хвилі» бур'янів

не було встановлено внаслідок тривалого зневоднення верхнього шару ґрунту, в якому активується проростання насіння однорічних видів. При досягненні повної стиглості зерна пшениці озимої повністю збереглися позиції щодо оцінки технічної ефективності гербіцидів порівняно з обліками проведеними на 10 та 30 добу після обприскування посівів.

Тобто протягом вегетації пшениці озимої у весняно-літній період динаміка забур'яненості не мала радикальної трансформації і формувалася під дією найбільш сильно діючого фактора – гербіцидів.

При ступені забур'яненості посівів на контролі без гербіцидів 25,9 шт./м² найбільш ефективні сумішки гербіцидів Гранстар Голд, в.г+ Хаммер, в.г. нормою – 25+20 г/га, 30+15 г/га, 30+15 г/га і 30+20 г/га перед збиранням урожаю залишилася мінімальна кількість бур'янів – 3,3–4,0 шт./м².

Потрібно відмітити, що навіть мінімальні дозування гербіцидів Гранстар Голд, в.г. та Хаммер, в.г. 20+15 г/га і 20+20 г/га забезпечували високий захисний ефект протягом вегетації і на момент її завершення утримували ступінь забур'яненості посівів на мінімальному рівні забур'яненості – 4,8–5,2 шт./м².

Застосування таких гербіцидів як Гранстар Голд, в.г. 35 г/га, Хаммер, в.г. 25 г/га та Квелекс, в.г. 60 г/га за своїми фітотоксичними характеристиками – 4,3–4,9 шт./м² були рівнозначними обробці посівів сумішками гербіцидів Гранстар Голд, в.г. та Хаммер, в.г. в мінімальних нормах – 20+15 г/га та 25+15 г/га.

В розрізі ефективності боротьби з найбільш резистентними і шкодочинними видами бур'янів та падалиці соняшника встановлено, що сумішки гербіцидів Гранстар Голд, в.г. + Хаммер, в.г. також викликали глибоку депресію і знищення основної частки цих бур'янів. Наприклад, внесення суміші гербіцидів Гранстар Голд, в.г. 30 г/га + Хаммер, в.г. 20 г/га до збирання урожаю озимини порівняно з контролем сприяло зниженню кількості падалиці соняшнику з 6,1 до 0,1 шт./м², підмаренника чіпкого з 2,1 до 0 шт./м², амброзії полиноистої з 6,7 до 0,6 шт./м².

Звуження спектру фітотоксичної дії при окремому внесенні гербіцидів Гранстар Голд, в.г. 35 г/га і Хаммеру, в.г. 25 г/га за рівнем ефективності

поступалося сумішкам в результаті залишкова кількість падалиці соняшника зростала до 0,7 шт./м², амброзії полинолистної до 1 шт./м².

Загальна технічна ефективність на фоні повного видового комплексу бур'янів знаходилася на високому рівні 85,7 % при внесенні сумішки Гранстар Голд, в.г. 20 г/га + Хаммер, в.г. 15 г/га до 93,5 % за максимальної дози Гранстар Голд, в.г. 30 г/га + Хаммер, в.г. 20 г/га (табл. 4.16).

Таблиця 4.16

Технічна ефективність сумішків і комбінованих гербіцидів на посівах пшениці озимої (середнє за 2017–2019 рр.), %

Варіант	Види бур'янів				Всього
	падалиця соняшника	підма- ренник чіпкий	амброзія полино- листа	інші	
1. Контроль	0	0	0	0	0
2. Гранстар Голд (20 г/га) + Хаммер (15 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	91,8	90,5	85,5	85,7	87,9
3. Гранстар Голд (20 г/га) + Хаммер (20 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	91,8	90,5	87,2	87,3	88,9
4. Гранстар Голд (25 г/га) + Хаммер (15 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	93,4	95,2	89,1	88,8	91,0
5. Гранстар Голд (25 г/га) + Хаммер (20 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	93,4	95,2	90,9	88,8	91,4
6. Гранстар Голд (30 г/га) + Хаммер (15 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	95,0	95,2	90,9	90,5	92,5
7. Гранстар Голд (30 г/га) + Хаммер (20 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	96,7	100,0	92,7	90,5	93,5
8. Гранстар Голд 35 г/га + Тренд 90 (300 мл/га)	91,8	90,5	87,2	88,8	89,4
9. Хаммер (25 г/га) + Тренд (300 мл/га)	88,5	90,5	89,1	88,8	88,9
10. Квелекс (60 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	91,8	95,2	89,1	90,5	91,0
11. Пріма Форте (0,7 л/га)	93,4	90,5	90,9	92,1	92,0
НІР ₀₅ , %	1,2–1,6				

Починаючи з дози сумішки Гранстар Голд, в.г. 25 г/га + Хаммер, в.г. 15 г/га технічна ефективність трьохкомпонентного за діючою речовиною сумішки (трибенурон-метил + тифенсульфурон-метил + флорасулам) досягла прийнятної для будь-якого гербіциду позначки – 91 %. На такому ж рівні технічної ефективності забезпечували комбіновані гербіциди Квелекс, в.г. і Пріма Форте.

Спектровий аналіз ефективності гербіцидів відносно фітотоксичної резистентності окремих видів бур'янів показав, що ступінь їх знищення і глибина процесів невідновлювання життєздатності досягав при застосуванні сумішки Гранстар Голд, в.г. 30 г/га + Хаммер, в.г. 20 г/га – 90,5–100 %. При цьому цей сумішок найбільшу депресію викликав у підмаренника чіпкого 100 % і падалиці соняшника 96,7 %. Фітотоксична резистентність амброзії полинолисткої була дещо вищою, що відповідно знизило технічну ефективність сумішки гербіцидів до 92,7 %, а групи інших бур'янів до 90,5 % за рахунок високої стійкості берізки польової і плоскухи звичайної.

Вважається, що біомаса бур'янів у повітряно-сухому стані перед збиранням урожаю є більш об'єктивним показником оцінки шкодочинності бур'янів. Проведені обліки забур'яненості з одночасним вириванням бур'янів при досягненні повної стиглості зерна пшениці озимої показали, що їх повітряно-суха маса на контролі досягала 43,4 г/м², а на кращих формуляціях гербіцидів за дозами і властивостями діючої речовини вона знижувалася до 6,6–8,8 г/м².

Характеристика агроценозу в цілому та окремих рослин пшениці озимої дозволила одержати більш достовірні і переконливі результати досліджень щодо впливу гербіцидів на формування урожаю зерна цієї культури. Такі складові елементи росту і розвитку пшениці озимої як висота рослин, довжина колосу, вихід зерна з колоса та щільність продуктивного стеблестою відкрили додаткові можливості для оцінки впливу бур'янів та гербіцидів на врожайність зерна і конкурентні відносини в агроценозі.

Максимальний діапазон розбіжності показників щільності продуктивного стеблестою в межах контрольного та найкращого варіантів становив 362,6–388,5 шт./м². При цьому лінійний приріст пшениці озимої мав стабільну

залежність від ефективності гербіцидів і ступеня забур'яненості посівів (табл. 4.17).

Таблиця 4.17

Біопродуктивні параметри пшениці озимої при використанні гербіцидів
(середнє за 2017–2019 рр.)

Варіанти	Висота рослин, см	Продуктивні стебла, шт./м ²	Маса зерна в колосі, г	Урожайність, т/га
1. Контроль	83,0	342,6	0,97	3,06
2. Гранстар Голд (20 г/га) + Хаммер (15 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	87,0	378,1	1,05	3,71
3. Гранстар Голд (20 г/га) + Хаммер (20 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	87,5	380,4	1,06	3,73
4. Гранстар Голд (25 г/га) + Хаммер (15 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	87,8	382,5	1,06	3,79
5. Гранстар Голд (25 г/га) + Хаммер (20 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	88,1	385,0	1,08	3,86
6. Гранстар Голд (30 г/га) + Хаммер (15 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	89,0	387,9	1,11	3,89
7. Гранстар Голд (30 г/га) + Хаммер (20 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	89,8	388,5	1,12	3,90
8. Гранстар Голд 35 г/га + Тренд 90 (300 мл/га)	87,1	379,7	1,05	3,75
9. Хаммер (25 г/га) + Тренд (300 мл/га)	86,8	378,0	1,06	3,72
10. Квелекс (60 г/га) + Тренд 90 (300 мл/га)	87,6	381,1	1,06	3,77
11. Пріма Форте (0,7 л/га)	88,0	385,0	1,08	3,85

Застосування комбінованих або монотоксичних гербіцидів таких як Хаммер, в.г., Гранстар Голд, в.г., Квелекс, в.г., Пріма Форте, к.с. за показниками лінійного приросту рослин пшениці поступалося обприскуванню баковими сумішками Гранстар Голд, в.г. + Хаммер, в.г. в оптимальних дозах. Як видно,

максимальна висота рослин пшениці озимої 89,8 см була досягнута при внесенні сумішки Гранстар Голд, в.г. 30 г/га + Хаммер, в.г. 20 г/га або за діючою речовиною тифенсульфурон-метил + трибенурон-метил + флорасулам.

Не дивлячись на недостатню кущистість і коефіцієнт продуктивності рослин пшениці озимої, показники виходу зерна з колосу за рахунок перерозподілу живлення на користь продуктивної частини виявилися достатньо високими, як і всі біометричні компоненти рослин чутливо реагували на шкодочинну дію бур'янів, тому на контрольному варіанті маси зерна в колосі становила 0,99 г, а при мінімальній залишковій забур'яненості 1,2 шт./м² досягала максимуму – 1,12 г. Динаміка зростання показників маси зерна в колосі проходила паралельно з іншими біометричними даними такими як висота рослин та довжина колоса.

Завдяки високому рівню контрольованості факторів ресурсів і біологічної реакції культури в досліді вдалося одержати об'єктивні дані показників урожайності з повним розкриттям її залежності від ефективності складних за фітоспектром гербіцидів.

За типу і ступеня активної забур'яненості, що склалася в досліді, регулятивне значення бакових сумішків і комбінованих препаратів полягало в тому, що вони сприяли зростанню урожайності зерна пшениці озимої при мінімальній технічній ефективності (Гранстар Голд, в.г. 20 г/га + Хаммер, в.г. 15 г/га) з 3,06 т/га до 3,71 т/га, а при максимальній (Гранстар Голд, в.г. 30 г/га + Хаммер, в.г. 20 г/га) до 3,90 т/га.

Важливо відмітити, що при збільшенні дози даних сумішків гербіцидів настає межа, коли подальше зростання норми діючої речовини не виправдовує себе з позицій адекватності приросту врожайності. Так, в зоні дозування сумішки Гранстар Голд, в.г. + Хаммер, в.г. – 25 г/га + 20 г/га, 30 + 15 г/га, 30 + 20 г/га рівні урожайності пшениці озимої 3,86–3,90 т/га можна вважати рівнозначними.

До максимальних показників за рівнем захищеності посівів пшениці озимої наближався гербіцид Пріма Форте, к.с. 0,7 л/га з трьохкомпонентною

комплектацією за діючою речовиною, який забезпечив одержання 3,85 т/га зерна.

Гербіциди Гранстар Голд, в.г. 35 г/га, Хаммер, в.г. 25 г/га, Квелекс, в.г. 60 г/га давали можливість одержати урожайність зерна на рівні 3,71–3,77 т/га, що було еквівалентно внесенню сумішки Гранстар Голд, в.г. 20 г/га + Хаммер, в.г. 15–20 г/га.

Ступінь забур'яненості і видова структура бур'янів в посівах пшениці озимої до внесення гербіцидів у фазі прапорцевого листка формувалися в умовах гострого дефіциту вологи у верхньому шарі ґрунту, що суттєво стримувало реалізацію потенційної забур'яненості. В посівах домінували малорічні двосім'ядольні бур'яни, які у видовій структурі становили 70 %, при цьому багаторічних коренепаросткових 20 % і 10 % тонконогових видів.

Обприскування посівів пшениці озимої у фазі прапорцевого листка при висоті бур'янів 4–12 см різноспектровими гербіцидами поступово посилювало депресію, деформацію, некрози та повну загибель бур'янів, що забезпечило високу технічну ефективність в межах 82–94 %. Максимальну ефективність забезпечило внесення бакової сумішки Гранстар Голд, в.г. 30 г/га + Хаммер, в.г. 15–20 г/га, що сприяло зниженню до мінімуму 1,3–1,5 шт./м² ступеня забур'яненості у фазі молочної стиглості зерна пшениці озимої. При цьому бур'яни мали найменшу шкодочинність і конкурентоздатність за показниками повітряно-сухої маси, яка становила 6,6–7,4 г/м².

Пшениця озима позитивно реагувала на зниження ступеня забур'яненості шляхом покращення біометричних та продуктивних показників. За найнижчої конкурентності бур'янів при внесенні сумішків гербіцидів Гранстар Голд, в.г. 30 г/га + Хаммер, в.г. 20 г/га в агроценозі пшениці озимої досягали максимальних параметрів висоти – 75,8 см, довжини колоса – 8,3 см, маси зерна з колоса – 1,12 г та щільності колосonoсних стебел – 308,5 шт./м².

Урожайність зерна пшениці озимої знаходилася в закономірній залежності від ступеня забур'яненості посівів та фітотоксичної ефективності проти бур'янів. Максимальний приріст урожайності зерна 0,84 т/га було

забезпечено порівняно з контролем при обробці посівів пшениці озимої сумішком гербіцидів Гранстар Голд, в.г. 30 г/га + Хаммер, в.г. 20 г/га. З точки зору еколого-економічної доцільності застосування гербіцидів для виробництва можуть бути рекомендованими сумішки Гранстару Голд, в.г. і Хаммеру, в.г. залежно від видового складу бур'янів і ступеня забур'яненості у співвідношенні доз 25+20 г/га, 30+15 г/га та 30+20 г/га.

4.4.2. Вплив системного застосування гербіцидів на врожайність зерна кукурудзи

Сучасне землеробство основним своїм завданням передбачає створення адаптивних режимів використання ресурсів та впровадження агротехнологій за рахунок засобів виробництва нового покоління, в тому числі значна роль в цьому процесі належить створенню хімічної та технологічної бази ефективного використання гербіцидів в посівах кукурудзи на зерно [130].

Захист посівів кукурудзи на основі комплексу агротехнічних та хімічних засобів контролювання бур'янів є особливо важливим елементом адаптивного землеробства, оскільки кукурудза відрізняється недостатньою біологічною конкурентоздатністю при забур'яненості агроценозів, що як правило призводить до значних втрат урожаю зерна [130, 182, 497].

Серед учених існує одностайна думка про те, що система контролювання бур'янів є дуже складною, неоднозначною і потребує розподілу акцентів щодо значення окремих організаційних, системних, агротехнологічних та хімічних способів підтримки високої якості фітосанітарного стану посівів кукурудзи на зерно.

Головними критеріями утримання фітосанітарного стану посівів з точки зору зниження забур'яненості та викорінення найбільш шкочинних видів бур'янів є необхідність добору фітотоксичного спектру гербіцидів, які найбільше впливають на рослини бур'янів різного ступеня резистентності та чутливості до діючої речовини при різних ґрунтово-кліматичних умовах та

гідротермічної ситуації окремих років при вирощуванні кукурудзи на зерно.

Адаптивний принцип добору гербіцидів в посівах кукурудзи на зерно є головним напрямком забезпечення підвищення продуктивності сучасних короткоротаційних сівозмін на базі мінімалізації основного обробітку ґрунту, попередження розвитку ерозії, скорочення енергетичних витрат та відновлення родючості ґрунтів.

Для одержання достовірних наукових даних, розробки ефективних рекомендацій використання системних гербіцидів у агроценозі кукурудзи на зерно у 2019–2021 рр. в польових умовах степової зони України на чорноземних ґрунтах був проведений двофакторний дослід.

Принципова схема двофакторного дослідження була представлена фактором А – внесення загальновинищувального гербіциду на основі діючої речовини гліфосату (2000 г/га) у формі калійної солі. Фактор А включав 2 варіанти: 1) контроль без застосування гербіциду; 2) використання гербіциду в нормі 4 л/га. Внесення препарату проводили по вегетуючих бур'янах в системі догляду за чорним паром у трьох-пільній ланці сівозміни: чорний пар–пшениця озима–кукурудза на зерно.

Фактор В передбачав обприскування страховими препаратами у фазі розвитку кукурудзи 4–5 листків: 1) нікосульфурон (50 г/га), 2) нікосульфурон (40 г/га) + тифен-сульфурон метил (10 г/га); 3) нікосульфурон (40 г/га) + дикамба (150 г/га), 4) нікосульфурон (40 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га); 5) нікосульфурон (40 г/га) + тифен-сульфурон метил (10 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га). Препарати вносили з поверхнево-активною речовиною Тренд 90 (300 г/га) (табл. 4.18).

Ступінь забур'яненості протягом вегетаційного періоду визначали в критичні строки конкурентних відносин в агроценозі кукурудзи – у фазі ВВСН 14–15 перед внесення страхових гербіцидів, через 15 діб після обприскування, через 45 діб після обприскування та перед збиранням зерна кукурудзи.

Система основного обробітку ґрунту базувалася на принципах мінімалізації, які передбачали зменшення глибини і частоти обробітків ґрунту,

що передбачало використання таких агрегатів, як дискова борона «Солоха» на глибину 10–12 см в два сліди після збирання пшениці озимої, ранньо весняного вирівнювання ґрунту і закриття вологи та передпосівної культивуації на глибину заробки насіння кукурудзи 5–7 см культиватором Polaris 6 Premium. В дослідях висівали апробований в зоні північного степу середньоранній гібрид кукурудзи ДН Астра (ФАО 270) оригінатор ДУ Інститут зернових культур НААН України.

Таблиця 4.18

Схема двофакторного досліджу

Без використання загальновинищувального гербіциду	З використанням загальновинищувального гербіциду
без страхового гербіциду (контроль)	без страхового гербіциду (контроль)
нікосульфурон (50 г/га)	нікосульфурон (50 г/га)
нікосульфурон (40 г/га) + тифен-сульфурон метил (10 г/га)	нікосульфурон (40 г/га) + тифен-сульфурон метил (10 г/га)
нікосульфурон (40 г/га) + дикамба (150 г/га)	нікосульфурон (40 г/га) + дикамба (150 г/га)
нікосульфурон (40 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га)	нікосульфурон (40 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га)
нікосульфурон (40 г/га) + тифен-сульфурон метил (10 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га).	нікосульфурон (40 г/га) + тифен-сульфурон метил (10 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га).

В результаті проведених досліджень було встановлено, що гербіциди та їх сумішки проявили достатньо високу технічну ефективність проти всіх видів бур'янів, які були виявлені в комплексі фітоценозу степового екотипу (табл. 4.19).

Ступінь забур'яненості посівів кукурудзи на зерно виявився достатньо високим і характеризувався наявністю в агроценозі 95,3–109,0 шт./м² малорічних бур'янів та 8,1–19,2 шт./м² багаторічних, які фіксувалися в агроценозі перед внесенням страхових гербіцидів у фазі 4–5 листків культури. Високоефективним способом контролювання забур'яненості багаторічних видів виявилось застосування діючої речовини гліфосату (2000 г/га) у формі калійної солі в системі догляду за чорним паром, яке забезпечило зниження чисельності багаторічних бур'янів на 60–75%, в той час як, біологічна група малорічних видів значно слабкіше реагувала на внесення загальновинищувального гербіциду і

знижувалася чисельність їх на 15–18 %. В цьому випадку агроценотична стійкість малорічних бур'янів проявилася не в наслідок зниження фітотоксичності гербіцидів, а в результаті зміщення строків проведення обприскування відносно фаз розвитку малорічників.

Таблиця 4.19

Залежність ступеня забур'яненості посівів кукурудзи від фітотоксичності гербіцидів, шт./м² (середнє за 2019–2021 рр.)

Фактор А	Фактор В	Кількість бур'янів							
		до внесення гербіцидів		15 діб після обприскування		45 діб після обприскування		повна стиглість зерна	
		одно-річні	багато-річні	одно-річні	багато-річні	одно-річні	багато-річні	одно-річні	багато-річні
БГ* контроль	БГ контроль	99,8	17,0	103,1	19,1	117,1	19,2	119,1	19,7
	Н	98,7	17,3	24,3	9,9	15,8	5,9	17,1	6,1
	Н+Т	104,3	19,2	29,8	9,8	16,1	5,8	17,9	6,1
	Н+Д	100,1	18,4	21,3	9,1	12,2	4,9	16,8	5,9
	Н+2,4Д+Ф	109,0	17,3	24,0	8,3	7,9	3,8	16,0	4,9
	Н+Т+2,4Д+Ф	104,1	18,0	20,1	8,2	6,1	3,8	12,2	4,8
ЗВГ	БГ контроль	101,2	8,1	111,2	12,3	118,0	9,9	124,2	6,1
	Н	96,1	9,8	18,7	5,9	11,9	3,9	17,0	3,8
	Н+Т	95,3	9,9	18,4	4,8	12,3	2,9	14,1	2,9
	Н+Д	100,0	9,2	15,0	5,7	0,0	2,0	12,3	1,9
	Н+2,4Д+Ф	104,1	8,1	11,1	3,9	0,0	0,5	11,0	1,0
	Н+Т+2,4Д+Ф	99,8	9,3	8,7	3,8	0,0	0,5	9,9	0,9
НІР ₀₅ , шт./м ²	фактор А	3,1	1,4	2,1	2,2	2,4	2,4	2,9	1,1
	фактор В	4,0	2,1	3,4	2,1	2,9	2,9	3,1	1,6
	взаємодія АВ	4,5	2,3	4,4	2,7	3,2	3,2	3,4	1,9

*Примітка: БГ – контроль без гербіцидів, ЗВГ – загальновинищувальний гербіцид, Н – нікосульфурон (50 г/га), Н+Т – нікосульфурон (40 г/га) + тифен-сульфурон метил (10 г/га); Н+Д – нікосульфурон (40 г/га) + дикамба (150 г/га), 4) Н+2,4Д+Ф – нікосульфурон (40 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га); Н+Т+2,4Д+Ф – нікосульфурон (40 г/га) + тифен-сульфурон метил (10 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га).

Динаміка формування ступеня забур'яненості малорічними та багаторічними видами бур'янів в значній мірі залежала, як від застосування загальновинищувального гербіциду так і препаратів страхового призначення. Цей факт підтверджується спостереженнями за ступенем забур'яненості під час проведення обліків через 15 діб після застосування страхових препаратів, так у дослідних варіантах без застосування загальновинищувального гербіциду

кількість однорічних бур'янів знижувалася на 76 % при застосуванні нікосульфурон (50 г/га), на 82 % – нікосульфурон (40 г/га) + тифен-сульфурон метил (10 г/га), на 85 % – нікосульфурон (40 г/га) + дикамба (150 г/га), на 91 % – нікосульфурон (40 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га), на 91 % – нікосульфурон (40 г/га) + тифен-сульфурон метил (10 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га). Резистентність багаторічних бур'янів була вищою порівняно з малорічниками, про що свідчить менш активна ступінь зниження забур'яненості, яка становила від 55–65 %.

Технологічне поєднання гербіциду загальновинищувальної дії та страхових препаратів в посівах кукурудзи на зерно до 15 доби обліків за сумарною фітотоксичною дією забезпечувало краще контролювання бур'янів, як малорічної так і багаторічної біологічної групи. Ступінь забур'яненості був нижчою на 25–32 % на всіх дослідних варіантах порівняно з варіантами де не вносився загальновинищувальний гербіцид.

Висока ефективність гербіцидів підтримувалася впродовж 45 доби від строків початку обприскування посівів кукурудзи на зерно і фактично не зменшувалася до моменту завершення вегетації кукурудзи і досягнення повної стиглості зерна.

Базове контролювання бур'янів за допомогою загальновинищувального гербіциду забезпечувало створення ефективного протибур'яневого бар'єру, що в поєднанні з обприскуванням вегетуючих рослин кукурудзи сприяло суттєвому зростанню біологічної ефективності комплексу препаратів. Серед гербіцидів за ефективністю в першу чергу виділялися такі діючі речовини, як нікосульфурон (40 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га) та нікосульфурон (40 г/га) + тифен-сульфурон метил (10 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га). Залишкова кількість бур'янів в посівах кукурудзи під час повної стиглості зерна у цьому випадку становила малорічних бур'янів від 9,9 до 11,0 шт./м², багаторічних 0,9–1,0 шт./м².

Для об'єктивної оцінки шкодочинності бур'янів, їх конкурентного впливу на культуру проведення розрахунків водоспоживання, прогнозування втрат

урожайності надзвичайно важливим компонентом фітоценозу бур'янів є показник їх повітряно-сухої маси, яка формується протягом вегетації кукурудзи.

Використання цієї характеристики фітоценозу бур'янів дає можливість запобігти значним помилкам в оцінці ефективності агротехнічних та хімічних засобів контролювання забур'яненості. В багатьох випадках кількісна оцінка щільності фітоценозу бур'янів може призводити до грубих помилок і зниження достовірності результатів досліджень.

Облік повітряно-сухої маси бур'янів в досліді проводили після повної стиглості зерна кукурудзи. Як видно з таблиці 4.20 максимальні показники повітряно-сухої маси бур'янів формувалися на контрольному варіанті без застосування загальновинищувального та страхових гербіцидів, де показники досягали величини в середньому за роки дослідження 267,2 г/м². На фоні використання загальновинищувального гербіциду і без застосування страхових препаратів повітряно-суха маса бур'янів становили 226,7 г/м², що було на нижче на 15,4% порівняно з абсолютним контролем.

Таблиця 4.20

Залежність повітряно-сухої маси бур'янів від ефективності
різноспектрових гербіцидів, г/м² (середнє за 2019–2021 рр.)

Фактор А	Фактор В	Біологічна група бур'янів		Всього
		однорічні	багаторічні	
БГ* (контроль)	БГ (контроль)	205,7	61,5	267,2
	Н	32,0	9,5	41,5
	Н+Т	21,1	6,3	27,4
	Н+Д	14,6	4,4	19,0
	Н+2,4Д+Ф	11,6	3,5	15,1
	Н+Т+2,4Д+Ф	7,9	2,3	10,2
ЗВГ	БГ (контроль)	174,6	52,1	226,7
	Н	25,9	7,8	33,7
	Н+Т	14,4	4,3	18,7
	Н+Д	9,3	2,8	12,1
	Н+2,4Д+Ф	3,5	1,0	4,5
	Н+Т+2,4Д+Ф	2,5	0,7	3,2
НІР ₀₅ , г/м ²	фактор А	2,3	1,9	
	фактор В	3,1	2,1	
	взаємодія АВ	3,8	2,4	

*Примітка: див. табл. 4.19

Найбільш ефективно біологічну масу бур'янів в посівах кукурудзи контролювало технологічне поєднання загальновинищувального гербіциду та сумішків препаратів страхового принципу використання і становило $4,5 \text{ г/м}^2$ – нікосульфурон (40 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га), $3,2 \text{ г/м}^2$ – нікосульфурон (40 г/га) + тифен-сульфурон метил (10 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га).

Складні механізми функціонування агроценозу кукурудзи при забур'яненості посівів та використанні різноспектрових гербіцидів показують, що в даному випадку найбільш об'єктивним фактором оцінки комплексу хімічних заходів контролювання бур'янів залишаються показники врожайності та продуктивності кукурудзи, які в інтегрованому зображенні надають кожному елементу системи землеробства достовірну характеристику (табл. 4.21).

На фоні застосування діючої речовини гліфосату (2000 г/га) у формі калійної солі при високому ступені забур'яненості виникає реальна можливість досягти значного зростання врожайності зерна кукурудзи на 20% за рахунок пригнічення багаторічних та малорічних бур'янів. По мірі зростання технічної ефективності різних гербіцидних комплексів та більш суттєвого пригнічення бур'янів масштаби величини збільшення показників врожайності досягали до 7,16 т/га при використанні нікосульфурон (50 г/га), 7,84 т/га – нікосульфурон (40 г/га) + тифен-сульфурон метил (10 г/га), 7,99 т/га – нікосульфурон (40 г/га) + дикамба (150 г/га), 8,79 т/га – нікосульфурон (40 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га), 9,27 т/га – нікосульфурон (40 г/га) + тифен-сульфурон метил (10 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га).

За отриманими результатами проведених наших досліджень було встановлено, що при вирощуванні кукурудзи на зерно в системі ґрунтозахисного землеробства максимальну врожайність цієї культури було отримано при використанні загальновинищувального гербіциду в системі чорного пару та технологічного поєднання в посівах культури нікосульфурону (40 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га) приріст становив 5,95 т/га та нікосульфурон (40

г/га)+тифен-сульфурон метил (10 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га) приріст становив 6,43 т/га.

Таблиця 4.21

Вплив системного застосування гербіцидів
на врожайність зерна кукурудзи, т/га

Фактор А	Фактор В	Врожайність зерна, т/га			
		2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє
БГ* (контроль)	БГ (контроль)	2,66	2,57	3,33	2,84
	Н	5,27	5,32	5,86	5,48
	Н+Т	5,89	5,96	6,47	6,11
	Н+Д	6,54	6,15	7,61	6,77
	Н+2,4Д+Ф	7,48	7,22	8,38	7,69
	Н+Т+2,4Д+Ф	8,17	7,76	9,22	8,38
ЗВГ	БГ (контроль)	3,30	3,22	4,01	3,51
	Н	6,92	7,15	7,40	7,16
	Н+Т	7,65	7,57	8,31	7,84
	Н+Д	7,79	7,67	8,52	7,99
	Н+2,4Д+Ф	8,57	8,88	8,91	8,79
	Н+Т+2,4Д+Ф	9,05	9,15	9,61	9,27
НІР ₀₅ , т/га	фактор А	0,09	0,11	0,10	
	фактор В	0,10	0,12	0,12	
	взаємодія АВ	0,11	0,12	0,13	

*Примітка: див. табл. 4.19

Нашими дослідженнями доведено, що розвиток землеробства на сучасному етапі його модернізації передбачає системне використання гербіцидних речовин різного спектру дії, які відповідають резистентності і чутливості бур'янів. Це безумовний факт дотримання основних положень гербології дає можливість суттєво підвищити врожайність зерна кукурудзи та впровадити ґрунтозахисні прийоми обробітку ґрунту і дотримання принципових норм землеробства екологічнобезпечної категорії.

4.5. Контролювання автотрофних бур'янів та вовчка соняшникового у посівах соняшнику за допомогою сівозміни та обробітку ґрунту

В останні десятиліття в Україні спостерігається зростання забур'яненості посівів, при цьому сумарна потенційна забур'яненість орного шару чорноземів насінням та вегетативними органами розмноження перевищує 500 млн шт./га [129]. Особливо значного поширення в посівах соняшнику набуває паразитний бур'ян – вовчок соняшниковий (*Orobahche cumana* Wallr.), який суттєво знижує урожай олійної культури на 30–70 % і навіть більше [36, 483, 515].

Головними причинами негативних тенденцій є порушення агротехнічних заходів, зокрема науково обґрунтованих сівозмін та спрощення системи основного обробітку орних земель, а саме відмова від пошарових лущень стерні і радикальна мінімізація технологічних процесів без урахування обмежень та факторів ризику. Окрім цього, в сучасних умовах господарювання в Україні соняшник вирощують на необґрунтовано великих площах понад 5 млн. га без урахування біологічних особливостей і впливу на урожай наступних культур, з порушенням технології вирощування, а зокрема із значним відхиленням від рекомендованих строків повернення на попереднє місце вирощування і навіть у повторних і беззмінних посівах [386, 445, 464, 516, 517].

За рівнем конкурентоспроможності щодо біологічного пригнічення бур'янів соняшник поступається зерновим колосовим звичайної рядкової сівби (пшениця, ячмінь, овес), однак переважає такі просапні культури, як кукурудза, сорго. Гербокритичний період у соняшника становить 35–40 днів, він триває від сходів до початку фази утворення кошиків. Біологічною основою такого явища є повільний ріст рослин на початку вегетації, а технологічною – широкорядний спосіб сівби, який створює сприятливі умови для проростання насіння бур'янів. Тобто олійна культура потребує надійного захисту на 1–5 етапах органогенезу насамперед від першої, найбільш потужної хвилі бур'янів, оскільки в цей проміжок часу культурні рослини не здатні заповнити вільні екологічні ніші в агрофітоценозі. Після змикання рядків і формування потужної кореневої системи

рослини соняшнику позбавляють бур'яни енергетичного живлення і успішно конкурують за життєвий простір, за винятком вовчка соняшникового, який продовжує паразитувати на рослинах олійної культури, адже в міру своїх біологічних особливостей не потребує додаткового освітлення нижнього ярусу агроценозу для своєї життєдіяльності [176, 285, 386]

В системі агротехнічних заходів, спрямованих на зменшення потенційної і фактичної забур'яненості, важливе місце займають науково обґрунтовані сівозміни та основний обробіток ґрунту. Зокрема в основу концентрації соняшника в сівозміні покладено допустиму часову тривалість збереження життєздатності насіння вовчком, яка створює просторову зону небезпеки зараження гаусторіями кореневої системи соняшнику протягом 7–9 років. Застосування сівозмін не вимагає додаткових витрат коштів, але дозволяє підвищити урожайність та рентабельність вирощування сільськогосподарських культур, сприяє збереженню та розширеному відтворенню родючості ґрунтів, допомагає регулювати водний та поживний режими ґрунту, забезпечує покращання фітосанітарного стану посівів, зокрема знижує чисельність вовчка соняшникового (*Orobahche cumana* Wallr.) [352, 386].

При застосуванні різних прийомів безполицевого обробітку до 50 % загальної кількості насіння бур'янів зосереджено в шарі 0–10 см, що може мати як позитивні, так і негативні наслідки. За низької культури землеробства на такому агрофоні існує потенційна небезпека підвищення шкодочинності бур'янового компоненту агрофітоценозу. В той же час локалізоване у верхньому шарі насіння бур'янів підпадає впливу різких коливань температури і вологості ґрунту, в результаті чого одна частина їх втрачає схожість, інша скорочує період біологічного спокою, за сприятливих умов швидко проростає і знищується до сівби, під час догляду за посівами чи після збирання олійної культури.

Мета роботи – встановити вплив елементів агротехнічних заходів, а зокрема насичення сівозмін соняшником, системи обробітку ґрунту та удобрення на чисельність та видовий склад різних агробіологічних груп бур'янів в посівах соняшнику, включаючи бур'ян-паразит вовчок соняшниковий (*Orobahche*

ситапа Wallr.). Встановити оптимальні і безпечні для довкілля параметри сучасних елементів технології вирощування соняшнику з метою зменшення гербіцидного (хімічного) навантаження в агрофітоценозах олійної культури та екологізації захисту від бур'янів.

Польові досліді проводили протягом 2018–2021 рр. Схема включала сівозміни з насиченістю соняшником 12,5, 20, 25, 33,3, 50 та 100 %: 1. Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соя – ярий ячмінь – горох – пшениця озима – соняшник (12,5 %); 2. Чорний пар – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно (20 %); 3. Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соняшник (25 %); 4. Чорний пар – пшениця озима – соняшник 33,3 %; 5. пшениця озима – соняшник (50 %); 6. Беззмінне вирощування соняшнику (100 %). Схема досліду також включала три системи основного обробітку ґрунту: 1) полицевий плуг ПО-3-35 під усі культури сівозміни, оранка на 20–22 см під ярий ячмінь, на 23–25 см під кукурудзу та соняшник, 25–27 см під чорний пар (восени); 2) дискування бороною БДВ на глибину 1012 см; 3) нульовий обробіток ґрунту з використанням прямого посіву соняшнику сівалкою Great Plains YP825A. Гербіцид Пріmekстра TZGold 500S, к.с. (Металохлор, 312,5 г/л + Тербутилазин, 187,5 г/л) вносили в нормі 4,5 л/га, проводили міжрядні культивації, а у варіанті No-till вносили гербіцид Раундап Макс, р.к. (551 г/л у формі калійної солі гліфосату) в нормі 4 л/га в післязбиральний період. Всі інші операції були стандартними для степової зони [4, 6]. Забур'яненість посівів соняшнику визначали за кількістю, масою та видами на початку (посіви на стадії ВВСН 12–14) та в кінці вегетації у восьмикратному повторенні по діагоналі облікової ділянки.

Обліки бур'янів на початку вегетації соняшнику показали низьку та середню забур'яненість, залежно від погоди, прийому та глибини обробітку ґрунту, тощо. Польові дослідження виявили тенденцію до збільшення кількості бур'янів за дискового та нульового обробітків порівняно з оранкою. В середньому на початку вегетації соняшнику на ділянках під оранкою кількість

бур'янів становила 10,8–19,3 шт./м², за дискового обробітку – 12,1–22,5, а за нульового – 14,1–25,5 шт./м² (табл. 4.22).

Таблиця 4.22

Забур'яненість посівів соняшнику залежно від основного обробітку ґрунту та сівозміни (ВВСН 12–14), шт./м² (середнє за 2018–2021 рр., $\bar{x} \pm SD$, n=4)

Сівозміна	Обробіток ґрунту		
	оранка	дисковий	No-till
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соя – ячмінь ярий – горох – пшениця озима – соняшник	13,4±1,3 ^b	14,7±1,4 ^{bc}	16,2±1,7 ^c
Чорний пар – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно	12,3±1,2 ^{ab}	13,5±1,3 ^b	15,7±1,6 ^{bc}
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соняшник	11,6±1,1 ^a	12,9±1,3 ^{ab}	14,8±1,4 ^b
Чорний пар – пшениця озима – соняшник	10,8±1,1 ^a	12,1±1,2 ^a	14,1±1,4 ^{ab}
Пшениця озима – соняшник	17,2±1,8 ^c	20,0±1,9 ^d	23,7±2,2 ^{de}
Беззмінно соняшник	19,3±1,9 ^{cd}	22,5±1,9 ^d	25,5±2,4 ^e

Примітка: різні літери позначають значення, які суттєво відрізняються одне від одного відповідно до тесту Тьюкі ($p < 0,05$) з поправкою Бонферонні.

Під час вегетації соняшник створює зімкнуте полотно вздовж рядків на початку фази бутонізації. Ступінь затінення ґрунту був різним, що суттєво впливало на конкуренцію з бур'янами. Під час збирання врожаю, порівняно з весною, середня забур'яненість зменшилася в 1,6–3,2 рази, значною мірою завдяки міжрядному обробітку ґрунту в ВВСН14–16 фазі розвитку рослин соняшнику та густоті посіву (рис. 4.1). У таблиці 4.23 показано другу хвилю бур'янів, що з'явилася після втрати гербіцидної дії, після дощів у другій половині вегетації соняшнику, та послаблення конкурентоспроможності культури. Забур'яненість посівів у фазі повної стиглості становила 2,5–7,9 шт/м² під плугом, 3,8–10,3 під дисковим обробітком і 7,1–17,9 під нульовим обробітком.

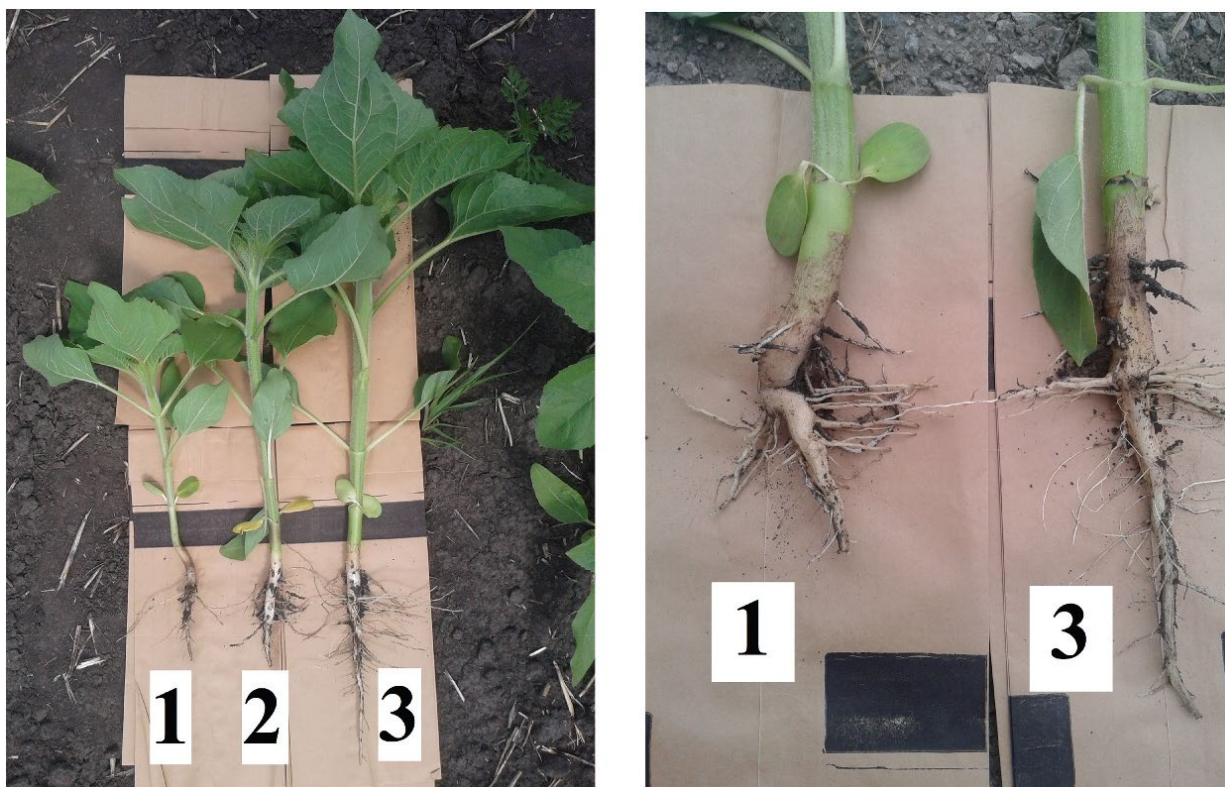


Рис. 4.1. Вплив обробітку ґрунту на ріст рослин соняшнику на початкових етапах розвитку: 1 – No-till; 2 – дискування; 3 – оранка.

Таблиця 4.23

Забур'яненість посівів соняшнику на етапі ВВСН 92–97, шт./м²
(середнє за 2018–2021 рр., $x \pm SD$, $n = 4$).

Сівозміна	Обробіток ґрунту		
	оранка	дисковий	No-till
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соя – ячмінь ярий – горох – пшениця озима – соняшник	$2,5 \pm 0,8^a$	$4,9 \pm 1,2^b$	$8,8 \pm 1,4^c$
Чорний пар – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно	$2,5 \pm 0,8^a$	$4,7 \pm 1,2^b$	$8,4 \pm 1,4^c$
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соняшник	$2,3 \pm 0,7^a$	$4,2 \pm 1,3^b$	$8,0 \pm 1,3^c$
Чорний пар – пшениця озима – соняшник	$1,8 \pm 0,6^a$	$3,8 \pm 1,4^{ab}$	$7,1 \pm 1,2^c$
Пшениця озима – соняшник	$7,6 \pm 1,2^c$	$9,5 \pm 1,6^{cd}$	$16,0 \pm 1,8^e$
Беззмінно соняшник	$7,9 \pm 1,4^c$	$10,3 \pm 1,6^d$	$17,9 \pm 1,9^e$

Примітка: див. таблицю 4.22

Аналіз видового складу бур'янів на етапі формування посівів свідчить про збільшення частки щириці звичайної (*Amaranthus retroflexus* L.) на 2,0–5,5 % за дискування та нульового обробітку ґрунту порівняно з оранкою та зменшення лободи білої (*Chenopodium album* L.) на 0,7–14,5 %. Це пояснюється позитивною реакцією амброзії полинолисткої на мілкий посів, а плоскухи звичайної – на погану схожість у сухому, ущільненому ґрунті. Під час другого обстеження бур'янів було виявлено амброзію полинолистку (*Ambrosia artemisiifolia* L.), плоскуху звичайну та різні види мишію (*Setaria* spp.) були найчисленнішими, але виглядали пригніченими через нестачу вологи та світла. Через специфічну реакцію багаторічних бур'янів на ущільнення ґрунту осот польовий (*Cirsium arvense* L.) був присутній виключно на ділянках дискового обробітку, а кількість берізки польової (*Convolvulus arvensis* L.) була вищою там, де ґрунт був зораний на глибину 23–25 см.

Доцільність застосування тих чи інших агротехнічних прийомів для контролювання бур'янів залежить від економічних порогів шкодочинності, якої завдають бур'яни. Про це свідчить також висока корелятивна залежність між забур'яненістю та втратами врожаю [37–39, 101]. Врожайність соняшнику найсильніше корелює з масою бур'янів, зокрема, з їх часткою в загальній біомасі агроценозу. Перевагою останнього критерію є відносно стабільні значення показників протягом тривалого періоду та домінуюча роль культурних рослин [122, 513]. За нашими спостереженнями, повітряно-суха маса бур'янів у посівах соняшнику на стадії ВВСН 92–97 була прямо пропорційною кількості бур'янів і в середньому дещо вищою за дискового та нульового обробітку ґрунту (11,9–23,7 г/м²), ніж на фоні оранки (9,1–19,5 г/м²) (табл. 4.23).

У сівозмінах, що включали поле чорного пару, забур'яненість посівів соняшнику оцінюється як слабка, де частка бур'янів у загальній масі олійної культури не перевищувала 10 %, тобто наявність бур'янів майже не впливала на врожайність насіння. У сівозмінах без чорного пару маса бур'янів у агроценозі соняшнику була більшою майже в два рази, ніж у сівозмінах з чорним паром. Отримані результати щодо забур'яненості посівів соняшнику залежно від

сівозміни та основного обробітку ґрунту свідчать про значний вплив цих агротехнологічних факторів на кількість і масу бур'янів.

Таблиця 4.23

Повітряно-суха маса бур'янів залежно від основного обробітку ґрунту та сівозміни (посіви сояшнику на етапі BBCH 92–97), г/м²
(середнє за 2018–2021 рр., $\bar{x} \pm SD$, n=4)

Сівозміна	Обробіток ґрунту		
	оранка	дисковий	No-till
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соя – ячмінь ярий – горох – пшениця озима – сояшник	12,1±1,3 ^{ab}	14,6±1,5 ^b	16,0±1,5 ^{bc}
Чорний пар – пшениця озима – сояшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно	10,6±1,2 ^a	13,5±1,3 ^b	15,1±1,5 ^b
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – сояшник	9,5±1,0 ^a	12,4±1,3 ^{ab}	14,0±1,3 ^b
Чорний пар – пшениця озима – сояшник	9,1±1,0 ^a	11,9±1,3 ^{ab}	12,9±1,3 ^{ab}
Пшениця озима – сояшник	17,0±1,6 ^{bc}	18,3±1,7 ^b	21,3±1,8 ^{bc}
Беззмінно сояшник	19,5 ± 1,8 ^b	20,3 ± 1,8 ^b	23,7 ± 1,9 ^c

Примітка: див. таблицю 4.22

Поширення та шкодочинність паразитного вовчка сояшникового (*Orobanche cumanana* Wallr.) виявило абсолютно протилежні закономірності порівняно зі звичайною сегетальною рослинністю в посівах сояшнику. Зокрема, зараженість вовчком закономірно зростала зі зменшенням часового інтервалу в сівозміні між посівами сояшнику. Вовчок сояшниковий становив найбільшу небезпеку для посівів сояшнику в 2-пільній сівозміні (пшениця озима – сояшник) та при беззмінному вирощуванні сояшнику, де на кожні 100 рослин олійної культури було уражено 16,0–34,4 рослини (табл. 4.24).

Дослідженнями виявлено залежність між ступенем ураження вовчком та прийомами основного обробітку ґрунту, що пов'язано з розміщенням насіння вовчка у верхньому шарі ґрунту та рослинними рештками. Встановлено основну особливість поширення вовчка сояшникового, що із збільшенням ступеня

ураження при глибокій оранці полицевим плугом та зменшення при застосуванні дискового обробітку ґрунту та технології No-till (табл. 4.25).

Таблиця 4.24

Ступінь ураження рослин соняшнику вовчком соняшниковим залежно від тривалості повернення на попереднє місце в сівозміні та прийоми обробітку ґрунту, % (середнє за 2018–2021 рр., $x \pm SD$, $n=4$)

Сівозміна	Обробіток ґрунту		
	оранка	дисковий	No-till
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соя – ячмінь ярий – горох – пшениця озима – соняшник	$2,3 \pm 0,6^a$	$2,1 \pm 0,5^a$	$1,9 \pm 0,5^a$
Чорний пар – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно	$5,4 \pm 0,9^b$	$3,2 \pm 0,6^{ab}$	$2,1 \pm 0,5^a$
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соняшник	$10,9 \pm 1,2$	$8,8 \pm 1,0^{bc}$	$6,3 \pm 1,0^b$
Чорний пар – пшениця озима – соняшник	$15,6 \pm 1,6^d$	$13,2 \pm 1,2^{cd}$	$10,1 \pm 1,1^c$
Пшениця озима – соняшник	$21,7 \pm 1,7^e$	$18,9 \pm 1,8^{de}$	$16,0 \pm 1,5^d$
Беззмінно соняшник	$32,4 \pm 1,9^f$	$28,6 \pm 1,9^f$	$24,8 \pm 1,7^{ef}$

Примітка: див. таблицю 4.21



Рис. 4.2. Початкові стадії ураження рослин соняшнику вовчком соняшниковим (стадія розвитку соняшника ВВСН 16–18)

Наприклад, у 2-пільній сівозміні (пшениця озима–соняшник) та беззмінним посівом соняшнику шкодочинність від вовчка соняшникового була найбільшою і становила 7,1–8,3 % під плугом, але 6,0–8,0 % при використанні дискового та нульового обробітку ґрунту. Це явище пояснюється розміщенням насіння вовчка в ґрунті, тобто зі збільшенням глибини оранки вони опиняються поруч з корінням соняшнику, що провокують проростання паразита своїми кореневими виділеннями. Після проростання проростки вовчка прикріплюються до коріння культури, на якій паразитують, і тим самим знижуючи врожайність олійної культури (рис. 4.3).



Рис. 4.3. Ураження рослин соняшнику вовчком соняшниковим при різних стадії розвитку: 1 – рослини соняшнику, уражені вовчком соняшниковим; 2 – рослини соняшнику не уражені вовчком соняшниковим.

Крім того, за дискового обробітку та без обробітку насіння вовчка соняшникового розташоване у верхній частині ґрунту, на поверхні ґрунту або в рослинних рештках, де не може прорости через відсутність кореневої системи та різкі зміни вологи, світла та температура, що робить насіння нежиттєздатним.

Порівняно з механізмом забур'яненості автотрофними бур'янами, яка зменшується при оранці, це може здатися парадоксальним, але надзвичайно дрібне насіння вовчка соняшникового погано проростає в щільному ґрунті, а також менш розвинена коренева система у верхньому шарі є менш сприятливою, ніж у більш глибоких шарах.

Таблиця 4.25

Інтенсивність ураження рослин соняшнику вовчком соняшниковим залежно від структури посівів та системи обробітку ґрунту в сівоzmіні, шт./рослину (середнє за 2018–2021 рр., $\bar{x} \pm SD$, $n = 4$)

Сівоzmіна	Обробіток ґрунту		
	оранка	дисковий	No-till
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соя – ячмінь ярий – горох – пшениця озима – соняшник	$1,2 \pm 0,3^a$	$1,0 \pm 0,3^a$	$0,8 \pm 0,3^a$
Чорний пар – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно	$1,4 \pm 0,4^a$	$1,2 \pm 0,4^a$	$1,1 \pm 0,3^a$
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соняшник	$1,8 \pm 0,4^{ab}$	$1,5 \pm 0,4^a$	$1,2 \pm 0,4^a$
Чорний пар – пшениця озима – соняшник	$5,5 \pm 0,7^{bc}$	$5,0 \pm 0,7^b$	$4,6 \pm 0,6^b$
Пшениця озима – соняшник	$7,1 \pm 0,7^{cd}$	$6,5 \pm 0,7^c$	$6,0 \pm 0,7^c$
Беззмінно соняшник	$8,3 \pm 0,8^d$	$8,0 \pm 0,8^d$	$7,4 \pm 0,7^{cd}$

Примітка: див. таблицю 4.22

Коріння соняшнику можуть бути уражені коренеподібними наростами вовчка соняшникового в будь-якій фазі розвитку від фази 2 пар листків. Здатність соняшнику провокувати проростання насіння вовчка соняшникового можна використовувати проти паразита, знищивши на наступний рік падалицю соняшнику обробітком ґрунту або гербіцидом до фази 10 листків. Посіви кукурудзи або інших культур, що стимулюють проростання вовчка соняшникового, кілька років поспіль також знищує вовчок, оскільки їх кореневі виділення провокують проростання більшості насіння паразиту і загибель сходів з часом.

В дослідженнях визначалося як поширення вовчка соняшникового, так і інтенсивність ураження окремих рослин культури. У 2-пільних сівоzmінах і суцільному посіві соняшнику на кожній ураженій рослині паразитувало 6–8 вовчків. У багатопільних сівоzmінах спостерігалось поступове зниження інтенсивності пошкодження кореневої системи. Зменшення концентрації соняшнику до 12,5 % у 8-пільній сівоzmіні знижувало інтенсивність ураження

вовчком до 0,8–1,2 шт. Також спостерігалось відставання в рості та розвитку рослин, уражених вовчком, як за фазами розвитку, так і за біометричними параметрами, що добре видно на рисунку 4.3. Розвиток підземної частини коренеподібних наростів мав схожу динаміку з надземною частиною вовчка. Тобто кількість підземних фрагментів вовчка була найбільшою у 2-пільній сівозміні та беззмінному посіві соняшнику порівняно з 5-пільною та 8-пільною сівозмінами. Сукупний вплив сівозміни, обробітку ґрунту, забур'яненості автотрофними бур'янами та вовчком соняшниковим мали значний вплив на врожайність насіння соняшнику (табл. 4.26).

Максимальна врожайність насіння соняшнику 2,92–2,95 т/га була досягнута у 8- та 5-пільних сівозмінах при оранці. Мінімізація обробітку ґрунту у 8- та 5-пільних сівозмінах знизилу врожайність до 2,55–2,74 т/га. Збільшення площі посіву соняшнику до 25% та 33,3 % сприяло зниженню врожайності до 2,75 та 2,54 т/га, відповідно, через посилення ураженням вовчком соняшниковим (додаток Ж.9–Ж.11).

Таблиця 4.26

Урожайність соняшнику залежно від сівозміни та обробітку ґрунту, т/га
(середнє за 2018–2021 рр., $\bar{x} \pm SD$, $n = 4$)

Сівозміна (фактор А)	Обробіток ґрунту (фактор В)		
	оранка	дисковий	No-till
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соя – ячмінь ярий – горох – пшениця озима – соняшник	$2,95 \pm 0,14^a$	$2,74 \pm 0,14^{ab}$	$2,59 \pm 0,12^b$
Чорний пар – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно	$2,92 \pm 0,12^a$	$2,71 \pm 0,13^{ab}$	$2,55 \pm 0,12^{bc}$
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соняшник	$2,75 \pm 0,13^{ab}$	$2,55 \pm 0,12^{bc}$	$2,41 \pm 0,11^c$
Чорний пар – пшениця озима – соняшник	$2,54 \pm 0,11^{bc}$	$2,35 \pm 0,10^c$	$2,24 \pm 0,11^{cd}$
Пшениця озима – соняшник	$2,21 \pm 0,12^d$	$2,01 \pm 0,10^{de}$	$1,95 \pm 0,10^e$
Беззмінно соняшник	$1,75 \pm 0,11^{ef}$	$1,57 \pm 0,09^f$	$1,49 \pm 0,10^f$
НІР ₀₅ , т/га	0,10–0,12		
для фактора А	0,11–0,13		
для фактора В	0,13–0,14		
для взаємодії АВ			

Примітка: див. таблицю 4.22

Найнижчу врожайність насіння соняшнику зафіксовано у короткоротаційних сівозмінах, де частка соняшнику становила 50 % у структурі посівних площ, а беззмінних посівах соняшнику – 1,75–2,21 т/га при оранці, 1,57–2,01 т/га при дискуванні, 1,49–1,95 т/га при нульовому обробітку.

Висновки до розділу 4

За умов інтенсивної диверсифікації аграрного виробництва та концентрації ринків новим змістом наповнюється поняття сівозмін та системне чергування культур. На перший план виступає вже не залежність урожайності культури від попередника, а допустимість насичення їх токсикантами гербіцидного походження. На заваді неконтрольованого рівня поширення гербіцидів повинно стати науково обґрунтоване чергування пестицидомістких (кукурудза, соняшник) та фітоценотично стійких (пшениця озима) культур. Для подолання негативної післядії гербіцидів на культури в сівозміні необхідно ввести в практику землеробства облік використаних гербіцидів в кожній ротаційній ланці.

Тенденція, яка набирає оберти, щодо застосування комбінованих гербіцидів може стати додатковим поштовхом для прискорення бур'янами набутої резистентності до діючої речовини препаратів різного хімічного класу. Тому для запобігання еволюційного виникнення гербіцидоімунітету необхідно через кожні 10 років змінювати фітотоксичну концепцію на основі нових механізмів депресії бур'янів. Технологічні властивості та препаративні форми гербіцидів дозволять суттєво підняти ефективність хімічного способу боротьби з бур'янами, якщо вони будуть краще адаптовані для внесення по мульчованій поверхні ґрунту та міститимуть збалансований асортимент ґрунтових і страхових препаратів.

Найбільш збалансована в екологічному і господарському плані система ефективної боротьби з бур'янами повинна базуватись на таких технобіогенних параметрах: посівна площа різних просапних культур в структурі розміщення не більше 35–38 %, обсяги використання гербіцидів на посівах просапних культур

до 75–85 %, суцільного способу сівби 55–60 %, оранка на площі – 20–25 %, технологія No-till – 10–15 % та 60–70 % інші прийоми мінімалізації обробітку ґрунту.

Максимальний приріст урожайності зерна 0,84 т/га було забезпечено порівняно з контролем при обробці посівів пшениці озимої сумішком гербіцидів Гранстар Голд, в.г. 30 г/га + Хаммер, в.г. 20 г/га. З точки зору еколого-економічної доцільності застосування гербіцидів для виробництва можуть бути рекомендованими сумішки Гранстару Голд, в.г. і Хаммеру, в.г. залежно від видового складу бур'янів і ступеня забур'яненості у співвідношенні доз 25+20 г/га, 30+15 г/га та 30+20 г/га.

При вирощуванні кукурудзи на зерно в системі ґрунтозахисного землеробства максимальну врожайність цієї культури було отримано при використанні загальновинищувального гербіциду в системі чорного пару та технологічного поєднання в посівах культури нікосульфурону (40 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га) приріст становив 5,95 т/га та нікосульфурон (40 г/га)+тифен-сульфурон метил (10 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га) приріст становив 6,43 т/га.

Максимальна врожайність насіння соняшнику 2,92–2,95 т/га була досягнута у 8- та 5-пільних сівозмінах при оранці. Мінімізація обробітку ґрунту у 8- та 5-пільних сівозмінах знизилася врожайність до 2,55–2,74 т/га. Збільшення площі посіву соняшнику до 25 % та 33,3 % сприяло зниженню врожайності до 2,75 та 2,54 т/га, відповідно, через посилення ураженням вовчком соняшниковим. Найнижчу врожайність насіння соняшнику зафіксовано у короткоротаційних сівозмінах, де частка соняшнику становила 50 % у структурі посівних площ, а беззмінних посівах соняшнику – 1,75–2,21 т/га при оранці, 1,57–2,01 т/га при дискуванні, 1,49–1,95 т/га при нульовому обробітку.

РОЗДІЛ 5

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ ПЕРСПЕКТИВНИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА В УМОВАХ ВИСОКОГО ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

В умовах стрімкого зростання інтенсивності землеробства на основі максимальної експлуатації екоресурсів і потенціалу врожайності сільськогосподарських культур на системи сівозмін, обробітку ґрунту, захисту від ерозії та шкідливих організмів покладається дві найважливіші функції – підвищення продуктивності виробництва і збереження родючості ґрунтів. При цьому посилення використання потужної енергонасиченої техніки, засобів хімізації і високопродуктивних сортів все більше потребує організації системних заходів щодо захисту ґрунтів від техногенної депресії та втрати їх природної якості [16, 56, 60, 135, 177, 276, 339, 439, 476].

5.1. Ефективність використання добрив в сівозміні залежно від прийомів основного обробітку ґрунту

Актуальність проблеми використання мінеральних добрив в сівозмінах набуває нового значення в зв'язку з необхідністю підтримання родючості ґрунтів, зменшенням обсягів їх застосування, зростанням масштабів використання побічної органічної продукції, високою енергетичною затратністю та рівнем споживання елементів живлення, інтенсивними сортами сільськогосподарських культур. Значні корективи в ефективність засвоєння мінеральних добрив вносять прийоми основного обробітку ґрунту, які суттєво змінюють локацію поживних елементів в орному шарі.

Мінеральні добрива повинні стати своєрідною рівноваговою ланкою між виносом поживних елементів з ґрунту рослинами і рівнем еволюційного режиму підтримання родючості.

Ще більшого значення це питання набуло у зв'язку зі збільшенням експорту зерна, з яким вивозиться 1,5 млн т діючої речовини NPK при тому, що на всю посівну площу зернових культур вноситься лише 1 млн т діючої речовини мінеральних добрив. Тобто в цьому простежується суттєвий дисбаланс поживних речовин [55, 221, 315, 384].

В технологію і способи внесення мінеральних добрив втручаються економічні і енергетичні параметри, оскільки в структурі виробничих витрат у грошовому вираженні добрива займають 20–30 %, а витратах сукупної енергії – 40–45 % [414]. Для досягнення високих приростів урожайності культур сівозміни принциповим є позиційне розміщення добрив в профілі орного шару відносно кореневої системи.

Враховуючи великі можливості стаціонарних сівозмін щодо створення наукової інформаційної бази та переваги в комплексності експериментальних даних, метою дослідження було встановити вплив мінеральних добрив на продуктивність культур 5-пільної сівозміни залежно від прийомів основного обробітку ґрунту, мульчувальної біомаси, водовбирної здатності чорнозему, особливостей засвоєння поживних речовин окремими культурами.

Стаціонарні багатофакторні досліді з вивчення польових сівозмін дають можливість в контрольованому режимі охопити функціональне значення багатьох факторів і об'єктивно відновити реальну картину трансформації речовин в агросистемі, на відміну від тимчасових експериментів, де принцип єдиної відмінності обмежує контроль значної кількості екологічних факторів. Зосередженість на контролюванні одного фактору, як правило, супроводжується відхиленням одержаних показників від реальної ситуації, оскільки поведінка фактору, що вивчається, виводиться із зони впливу комплексу екологічних складових, які регулюють ефективність використання ресурсів.

Комплексні багаторічні стаціонарні досліді дозволяють не тільки зафіксувати в повному обсязі гармонію етапів еволюції агробіоценозів, але й з високим рівнем достовірності прогнозувати кількісні і якісні параметри агросистем. Широкий спектр факторіальності дозволяє також позбавитися

однобокості висновків, які виходять з аналізу результатів однофакторних польових експериментів. За своєю науковою інформативністю стаціонарні дослідження є більш наближеними до справедливої теорії питань, що вивчаються, та мають більшу ступінь відновлюваності в результатах практичної діяльності в землеробстві. Як відомо, сумарний ефект від складання результатів одержаних показників в однофакторних дослідках суттєво завищує величину, яка формується в умовах всебічної взаємодії факторів в комплексному стаціонарі.

В сучасному різноманітті агросистемних заходів в землеробстві і технологічних комплексів діапазон показників ефективності мінеральних добрив дуже широкий, що не дає можливості побудувати зрозумілу графіку закономірностей залежності врожайності від доз і способів застосування добрив. Якщо 30–40 років тому 1 кг д. р. мінеральних добрив забезпечував приріст 5–9 кг зерна, то в сучасних умовах рівень окупності добрив зерновою продукцією виріс до 20–30 кг і більше. Існують приклади, коли в посушливих умовах степової зони 210 кг/га д. р. NPK забезпечило приріст урожайності зерна кукурудзи лише на 3 ц/га, а в той же час при достатньому зволоженні в лісостеповій зоні за такої дози добрив збільшилася на 4,2 т/га [191, 272, 406].

Для того, щоб запобігти такій аморфності і невизначеності дослідження з вивчення ефективності добрив потрібно спрямувати в системне русло, здатне забезпечити логічне трактування експериментальних даних.

Дослідження проблеми ефективності мінеральних добрив на фоні використання органічної мульчі рослинних решток проводилось в 5-пільній сівозміні (горох – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно) із застосуванням різних прийомів основного обробітку ґрунту (оранка, дисковий мілкий, No-till). Мінеральні добрива вносили під основний обробіток ґрунту дозою $N_{45}P_{45}K_{45}$ з механічним перемішуванням в шарі ґрунту 0–25 см при проведенні оранки, в товщі чорнозему 0–12 см при заробці дисковими батареями та шляхом локального внесення стрічковим способом безпосередньо під час безпосередньої сівби в необроблений ґрунт.

Органічна складова удобрення включала заробку в ґрунт рослинних решток всіх культур сівозміни масою 2–4 т/га, що по потенціалу гуміфікаційної здатності рівноцінно 8–14 т/га гною [191].

Враховуючи важливість питань просторового позиційного розміщення в шарі ріллі кореневої системи рослин, мінеральних добрив в дослідях вивчали розшарування ґрунту за твердістю та глибиною промочування після дощів різної інтенсивності шляхом використання твердоміра.

Завдяки багатофакторній моделі стаціонарного дослідження вдалося встановити факторіальну роль у формуванні врожаю таких агроecosистемних елементів як добрива, обробіток ґрунту і погодні умови.

Як встановлено нашими дослідженнями, ефективність мінеральних добрив залежала не тільки від дози внесення, а й від наявності мульчувального покриття, динаміки твердості ґрунту в профілі ріллі, інтенсивності промочування кореневого шару. Тобто обов'язковими складовими високої ефективності добрив є поєднання фізіологічної якості поживних елементів і способів їх технологічного подання для засвоєння сільськогосподарськими культурами.

В результаті проведених дослідів встановлено, що ефективність мінеральних добрив залежала не тільки від норми, а й від наявності органічних решток культури, як сировини для гуміфікації та агрофізичної моделі орного шару.

Фізіологічні можливості сільськогосподарських культур щодо засвоєння елементів живлення залежали від тривалості вегетаційного періоду та здатності формувати загальну біологічну масу агроценозу. Як видно з таблиці 5.1, найвищий приріст урожайності 1,13–0,55 т/га забезпечили пшениця озима і кукурудза на зерно, тобто культури з найвищим загальним рівнем урожайності. Справедливість даної гіпотези підтверджують показники урожайності зерна ячменю ярого та реакції на застосування основних елементів живлення, за мінімальної урожайності культури 2,92 т/га відповідно меншим був приріст зернової продуктивності 0,45 т/га.

Переконаливий вигляд має також тенденція до зниження урожайності і його приростів по мірі зниження інтенсивності основного обробітку ґрунту при переході від оранки до технології No-till. Характерним для динаміки зменшення приросту урожайності зерна при зниженні інтенсивності розпушення ґрунту є приклад кукурудзи на зерно, який показує, що на фоні оранки приріст зерна становив 1,13 т/га, а приріст прямої сівби лише – 0,96 т/га.

При цьому проявилась важлива особливість, яка полягає в тому, що за умов інтенсифікації поживного режиму, тобто застосування добрив, при мінімізації обробітку ґрунту невикористаний ефект від удобрення перевищує приріст урожайності від $N_{45}P_{45}K_{45}$, одержаний на фоні оранки.

Таблиця 5.1

Вплив мінеральних добрив та обробітку ґрунту на урожайність сільськогосподарських культур в сівозміні, т/га (середнє за 2019–2021 рр.)

Добрива, кг/га д. р.	Обробіток ґрунту				
	оранка	дисковий мілкий		No-till	
		фактично	± до оранки	фактично	± до оранки
Пшениця озима (попередник горох)					
БД	4,26	4,14	-0,12	4,07	-0,19
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	4,81	4,66	-0,15	4,51	-0,30
± до БД	+0,55	+0,52		+0,44	
Соняшник					
БД	2,42	2,15	-0,27	2,07	-0,35
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	2,91	2,46	-0,45	2,39	-0,52
± до БД	+0,49	+0,31		+0,32	
Ячмінь ярий (попередник соняшник)					
БД	2,47	2,31	-0,16	2,18	-0,29
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	2,92	2,80	-0,12	2,61	-0,31
± до БД	+0,45	+0,49		+0,43	
Кукурудза на зерно					
БД	5,38	5,01	-0,37	4,82	-0,56
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	6,51	6,17	-0,34	5,78	-0,73
± до БД	+1,13	+1,16		+0,96	
NIP ₀₅ , т/га: обробіток ґрунту – 0,08–0,11; добрива – 0,07–0,09					

Типовою ілюстрацією цієї тези є приклад динаміки приросту урожайності пшениці озимої залежно від обробітку ґрунту. Так, недобір зерна цієї культури за проведення прямої сівби на фоні внесення добрива становив 0,30 т/га

порівняно з оранкою і був більшим, ніж на природньому фоні без добрив, на якому різниці становила 0,19 т/га. Аналогічно оцінка експериментальних даних щодо комплексної дії добрив і обробітку ґрунту виявилася універсальною для всіх культур сівозміни, тому можна справедливо вважати, що мінімізація основного обробітку ґрунту призводить до зростання невикористаного потенціалу добрив порівняно з оранкою.

Розширене уявлення про механізми особливостей розкриття ефективності добрив дає використання показника коефіцієнту їх фізичної окупності 1 кг зерна на кг добрив. Як найбільш інтегрований показник коефіцієнт фізичної окупності добрив розкрив закономірності розподілу позитивних акцентів в системі факторів землеробства, в першу чергу, сівозмін і обробітку ґрунту.

Як виявилось, найбільш поживнофільними виявилися пшениця озима і кукурудза на зерно, які забезпечили фізичну окупність добрива на рівні 4,1; 8,4 кг зерна на кг добрив (табл. 5.2).

Вектор падіння показника фізичної окупності добрив у максимальному випадку на посівах пшениці озимої проходив по агротехнологічній траєкторії: оранка – 4,1 кг, мілкий дисковий – 3,8 кг, нульовий обробіток ґрунту – 3,3 кг зерна на кг добрив, а в мінімальному на посівах соняшника числова група падіння окупності мала такий вигляд: оранка – 3,6 кг, дисковий – 2,3 кг, No-till – 2,4 кг зерна на кг добрив.

Таким чином, всебічний аналіз ефективності використання мінеральних добрив на основі оцінки величини урожайності, її порівняння у формі показників приросту та фізичної окупності добрив показав, що в сучасних багатофункціональних технологіях вирощування сільськогосподарських культур значною мірою ефективність зольних елементів визначають способи їх локації в ґрунті відносно кореневої системи рослин.

Нашими дослідженнями встановлено, що однією з головних причин зниження ефективності мінеральних добрив при мінімізації обробітку ґрунту є значна неоднорідність орного шару за показниками його твердості і наявності зони розмежування між розпушеним і суцільним горизонтом. Це, як правило,

різкий перехід від твердості 10–15 кг/см² в розпушеній зоні до 25–30 кг/см² в ущільненому більш глибокому шарі.

Моніторинг твердості ґрунту після випадіння дощів показав, що на фоні оранки залягання твердого шару знаходиться на глибині 24 см, мілкою дисковою обробітку – 18 см і прямої сівби в необроблений ґрунт – 15 см. Одночасно рівень залягання ущільненого шару ґрунту свідчить про глибину промочування ріллі і активну вологоакумулятивну здатність чорнозему. Цей висновок зроблено на підставі визнаного наукового положення про високу корелятивну залежність між вологістю і твердістю ґрунту [224].

За такого водно-фізичного стану ґрунту при мінімізації основного обробітку обмежувалася міграція поживних речовин в профілі ріллі і зменшувався об'єм кореневмісного простору у всіх культур сівозміни. Зменшення зони сприятливого життєзабезпечення кореневої системи супроводжувалось ростовою депресією, яка проявлялася протягом всього вегетаційного періоду. Так, наприклад, вже на початкових стадіях розвитку соняшнику у фазі 3–4 пар листків у рослин спостерігалася деформація кореневої системи, яка полягала у тому, що стрижневий корінь культури давав горизонтальний лінійний приріст замість нормального вертикального (рис. 5.1).

Таблиця 5.2

Фізична окупність мінеральних добрив культурами сівозміни залежно від обробітку ґрунту, кг зерна на кг добрив (середнє за 2019–2021 рр.)

Культура	Обробіток ґрунту		
	оранка 25–27 см	дисковий 10–12 см	No-till
Пшениця озима	4,1	3,8	3,3
Соняшник	3,6	2,3	2,4
Ячмінь ярий	3,3	3,6	3,2
Кукурудза на зерно	8,4	8,6	7,1
НІР ₀₅ , т/га: обробіток ґрунту – 0,4–0,6; культура – 1,1–1,3			

Примітка. Доза добрив під всі культури N₄₅P₄₅K₄₅

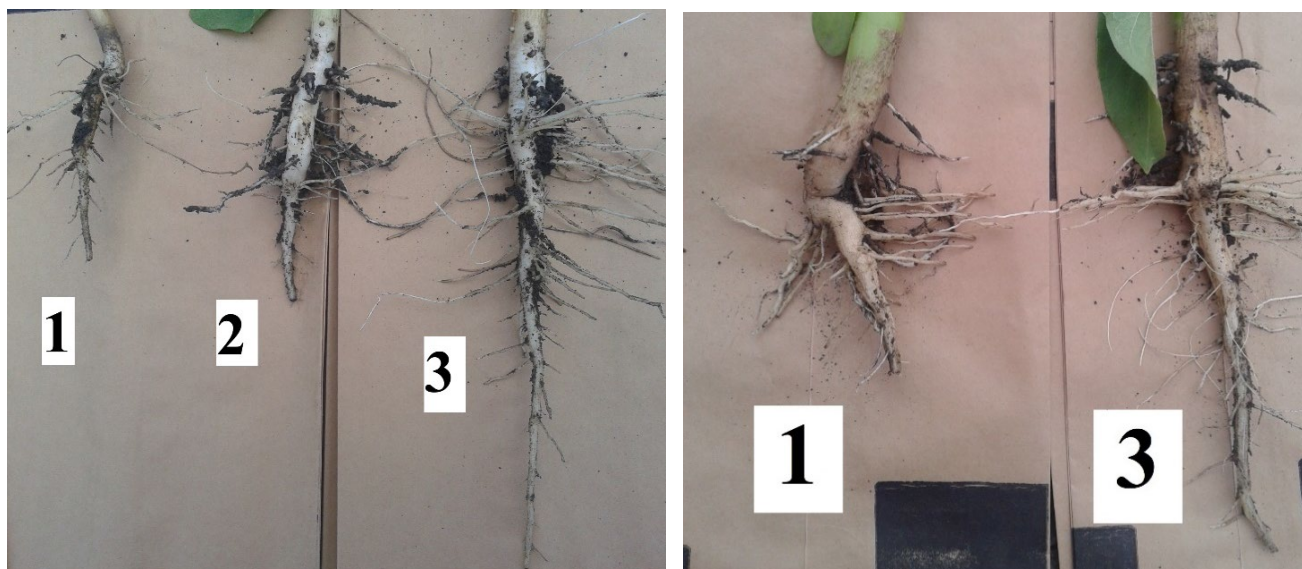


Рис. 5.1. Деформація кореневої системи залежно від основного обробітку ґрунту (1 – No-till, 2 – дисковий мілкий, 3 – оранка)

Аналогічні морфологічні деформації з горизонтальним напрямком росту коріння та викривленням стебел спостерігалися також на посівах ярого ячменю. Особливо виразно страждали від переущільнення рослини на фоні прямої сівби.

Таким чином, методика розширеного аналізу ефективності мінеральних добрив на основі оцінки урожайності культур сівозміни, її приросту залежно від факторів землеробства та фізичної окупності поживних елементів показала, що ефективність добрив залежить від індивідуальної реакції окремих культур, прийомів основного обробітку та його водно-фізичних властивостей.

Як правило вищий приріст урожайності зерна від застосування мінеральних добрив забезпечують культури з високим потенціалом продуктивності – пшениця озима і кукурудза на зерно. Динаміка розподілу показників фізичної окупності добрив знаходилася в межах біологічної закономірності реакції сільськогосподарських культур на рівні їх ґрунтового живлення.

Мінімізація основного обробітку ґрунту шляхом заміни оранки на мілкий дисковий обробіток і No-till супроводжувалось зниженням окупності добрив внаслідок зменшення ґрунтового об'єму зі сприятливими агрофізичними показниками.

5.2. Вплив прийомів ґрунтозахисного обробітку на баланс гумусу та макроелементів у сівозміні

В умовах стрімкого зростання інтенсивності землеробства на основі максимальної експлуатації екоресурсів і потенціалу врожайності сільськогосподарських культур на систему добрив покладається дві найважливіші функції – підвищення продуктивності виробництва і збереження родючості ґрунтів. При цьому посилення використання потужної енергонасиченої техніки, засобів хімізації і високопродуктивних сортів все більше потребує організації системних заходів щодо захисту ґрунтів від техногенної депресії та втрати їх природності якості [17, 59, 73, 136, 232].

За останні 100 років руйнування ґрунтів домінувало з різною силою залежно від стадії розвитку матеріальної бази землеробства і технологічних традицій кожного періоду. На початку ХХ століття це перехід до механізованого обробітку ґрунту, в другій половині – тотальна оранка і сучасний режим експлуатації чорноземів зі значним дефіцитом внесення добрив та високим відчуженням поживних речовин з урожаєм [243, 248, 324, 317, 482].

Небезпечним для підтримання високої якості агрохімічного та агрофізичного стану ґрунтів залишається дефіцит балансу поживних речовин, який викликаний недостатніми обсягами внесення добрив. Проте, слід зауважити, що чорноземи мають ще достатній запас елементів живлення, який здатний підтримувати високий рівень врожайності сільськогосподарських культур. За такої дилеми – або подолати існуючий дефіцит балансу поживних речовин, або покладатися повністю на природний ресурс – важливо розробити фундаментальну модель колообігу ресурсів в різних агросистемах.

Значна частина досліджень вказує на основі агротехнологічні важелі трансформації регулювання потенціалу родючості, але не враховує довгострокової динаміки агрохімічних показників, які мають накопичувальний характер протягом десятиліть.

Стаціонарні польові дослідження відкривають широкі можливості для формування теорії трансформації родючості ґрунтів, розробки технологічних моделей в сівоzmінах, підтримки бездефіцитного балансу в агробіоценозах та прогнозування розвитку агроєко систем.

Головними факторами регулювання вмісту поживних речовин в ґрунті були добрива, сільськогосподарські культури в сівоzmіні, способи механічного перемішування сипких добрив в ріллі та тривалість регулярного поповнення ґрунту діючою речовиною азоту, фосфору, калію.

Комплексна просторово-часова взаємодія факторів дозволяє досягти в стаціонарних дослідженнях реальної цінності технологічних прийомів та запобігти завищенню показників, характерних для тимчасових польових дослідів з незмінним рівнем значної частини факторів.

Методичне втілення мети досліджень процесів формування агрохімічного фону здійснювалося шляхом відбору ґрунтових зразків по шарах від 0 до 30 см для визначення рівня однорідності та диференційованості концентрації елементів живлення в ризосфері культур сівоzmіни. Для досягнення об'єктивної співставності показників вмісту зольних елементів в ґрунті зразки відбирали в другій половині травня – першій половині червня, коли рослини розпочинають період активного їх засвоєння. Важливо, що в цей час підтримується достатньо активний перехід поживних елементів в доступні рухомі форми для рослин.

ґрунтові зразки для агрохімічних аналізів відбирали навесні на глибину 0–10, 10–20 і 20–30 см по всіх варіантах дослідження в п'яти точках ділянки по діагоналі поля в першому і третьому повторенні. Рослинні зразки відбирали перед збиранням урожаю польових культур. Відбір і підготовку зразків до аналізу проводили відповідно до методики, розробленої Ю. К. Кудзіним [203].

ґрунтовий агрохімічний контроль в 5-пільній сівоzmіні було розпочато в 2005 році, коли була пройдена повна ротація сівоzmіни і всі культури (чорний пар – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно) були

засіяні в ротаційній схемі. Такий просторово-часовий методологічний підхід дозволив синхронізувати момент стартового відбору ґрунтових зразків для агрохімічного аналізу та коректно проводити порівняння результатів досліджень.

Агрохімічна історія експериментальної сівозміни розпочиналася із значного розкиду показників в межах впливу сільськогосподарських культур та прийомів основного обробітку ґрунту. Так, показники вмісту азоту в орному шарі коливалися в межах від 8,9 до 15,6 мг сухого ґрунту на кг його маси, рухомого фосфору від 127 до 168 мг/кг, обмінного калію від 99 до 156 мг/кг. При цьому слід зазначити, що наведена дисперсія показників вмісту N, P і K в ґрунті була характерною для умов, коли мінеральні добрива в сівозміні не вносилися (табл. 5.3).

На динаміку запасів поживних елементів в ґрунті впливали також сільськогосподарські культури шляхом різних обсягів їх виносу агроценозом, регулювання вологості ґрунту і рівня мобілізації або консервації основних елементів живлення. Найвищий рівень мобілізації елементів живлення спостерігався в умовах парового поля, де агрохімічні показники становили на фоні оранки: N – 14,6 кг/га, P – 168 мг/кг і K – 156 мг/кг. Мінімальні показники вмісту доступних форм азоту, фосфору і калію були зафіксовані на посівах пшениці озимої (N – 9,2 мг/кг, P – 138 мг/кг, K – 124 мг/кг) як наслідок високого виносу зольних елементів у фазі формування зерна цієї культури. Так, в результаті зневоднення ґрунту і припинення мікробіологічних процесів.

Таблиця 5.3

Динаміка основних елементів живлення в сівоzmіни залежно від прийомів обробітку ґрунту, мг/кг, фон – без добрив
(середнє за 2015–2017 рр.)

Культура	Шар ґрунту, см	Оранка			Чизельний			Дисковий		
		N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пар чорний	0–10	16,6	209	187	13,9	201	179	13,1	195	177
	10–20	14,2	151	149	11,5	155	147	10,7	157	145
	20–30	13,0	144	132	10,3	142	136	10,1	140	137
	0–30	14,6	168	156	11,9	166	154	11,3	164	153
Пшениця озима	0–10	10,8	165	152	9,6	167	134	11,2	172	139
	10–20	9,0	129	114	8,5	126	122	8,0	135	108
	20–30	7,8	120	106	7,7	118	110	7,5	119	98
	0–30	9,2	138	124	8,6	137	122	8,9	142	115
Соняшник	0–10	13,4	161	129	11,5	166	120	12,1	158	125
	10–20	12,2	128	106	9,9	125	96	9,2	124	88
	20–30	10,7	122	101	9,2	117	87	8,4	117	84
	0–30	12,1	137	112	10,2	136	101	9,9	133	99
Ячмінь ярий	0–10	17,6	140	185	15,4	149	168	14,9	136	166
	10–20	15,4	126	141	13,0	104	140	10,8	103	118
	20–30	13,8	115	130	12,4	98	127	11,5	97	103
	0–30	15,6	127	152	13,6	117	145	12,4	112	129
Кукурудза на зерно	0–10	16,5	171	175	14,8	162	167	15,8	148	152
	10–20	15,4	131	130	12,8	123	133	12,9	116	122
	20–30	13,7	118	124	12,0	114	126	12,1	111	119
	0–30	15,2	140	143	13,2	133	142	13,6	125	131

Дані: Шевченка М.С., Цилюрика О.І., Шевченка С.М.

Відновлення концентрації NPK в орному шарі до рівня, характерного для чорнозему дослідної ділянки без застосування мінеральних добрив, відбувалося в полі ячменю ярого і кукурудзи на зерно. В даному випадку спрацював механізм недостатньо високого виносу NPK урожаєм ячменю ярого.

Аналогічна тенденція щодо впливу сільськогосподарських культур на розподіл рівня вмісту основних елементів живлення в сівозміні повторювалась також на фоні чизельного обробітку та мілкого дискування. Взагалі проблема залежності вмісту поживних речовин у ґрунті і формування урожаю як в прямому, так і в зворотному напрямку є дуже багатофакторною, тому методи моніторингового контролю агрохімічного стану ґрунтів дозволять розробити нову теоретичну базу цього питання.

В той же час спостерігався і інший вектор трансформації показників вмісту NPK, пов'язаний з інтенсивністю обробітку ґрунту.

Погіршення умов аерації орного шару після проведення чизельного і мілкого обробітку супроводжувалось зниженням показників вмісту основних елементів живлення в 0–30 см шарі чорнозему. В різному ступені явище погіршення живлення відмічалось у всіх полях сівозміни як наслідок зменшення механічного переміщення ґрунту. На прикладі кукурудзи на зерно досить чітко видно, що з переходом від оранки до чизельного розпушення і мілкого дискування вміст азоту в шарі 0–30 см знижувався на 1,6–2,0 мг/кг, фосфору на 7–15 мг/кг та калію на 1–12 мг/кг.

Достатньо важливим регулятором позиційного розподілу у вертикальному розрізі поживних речовин також виступає прийом обробітку ґрунту. Навіть за відсутності внесення мінеральних добрив ґрунтозахисні безполіцеві прийоми основного обробітку викликають більш помітну диференціацію орного шару за агрохімічними показниками. Порівняльний аналіз показав, що в шарі ґрунту 0–10 см на фоні оранки концентрація азоту становила 16,5 мг/кг, а вже при проведенні мілкого дискування в шарі 20–30 см вміст цього елементу знижувався до 12,1 мг/кг. За аналогічною порівняльною схемою вміст фосфору на мілкому обробітку знижувався на 60 мг/кг, а калію відповідно на 56 мг/кг. В

межах мілкого дискування диференціація орного шару ґрунту за вмістом фосфору і калію проявлялася в тому, що з поглибленням обробітку вміст цих елементів знижувався на 33–39 %.

Таким чином, на початковій стадії закладання польового стаціонарну агрохімічний фон кожного поля сівозміни формувався на основі природних ресурсів чорнозему звичайного, біологічних і технологічних особливостей культур сівозміни та прийомів основного обробітку ґрунту. Чизельне розпушення та мілкий дисковий обробіток без обертання скиби і вертикального переміщення ґрунтової маси посилювало диференціацію ріллі за вмістом основних елементів живлення, що негативно позначилося на урожайності сільськогосподарських культур.

Систематичне застосування мінеральних добрив на початку освоєння сівозміни суттєво позначилося на агрохімічному фоні під посівами різних сільськогосподарських культур. Одночасно можна стверджувати, що принципові закономірності щодо реакції динаміки показників вмісту поживних елементів залежно від сівозміни і прийомів основного обробітку мали аналогічні характеристики з варіантом без добрив. Тобто мінімізація обробітку ґрунту супроводжувалась зниженням вмісту азоту, фосфору і калію в орному шарі, а також посилювалася диференціація його на агрогоризонти з різною концентрацією елементів живлення.

Агрохімічна панорама на фоні внесення під культуру сівозміни $N_{45}P_{45}K_{45}$ вміщувалась між максимальними і мінімальними показниками вмісту азоту в межах 11,5–27,7 мг/кг (табл. 5.4), що перевищувало неудобрені ділянки на 3,1–11,1 мг/кг.

На типовому прикладі соняшнику внесення мінеральних добрив забезпечило зростання вмісту в 0–30 см шарі ґрунту на фоні оранки порівняно з природними запасами елементів живлення: N на 8,6 мг/кг, P на 27 мг/кг і K на 26 мг/кг. При цьому внаслідок того, що вміст рухомих форм фосфору і калію на порядок вище, ніж азоту, внесення мінеральних добрив дозою $N_{45}P_{45}K_{45}$ більш радикально впливало на зростання азоту – на 31,5 %.

Позитивний вплив використання добрив мало за всіма позиційними характеристиками щодо концентрації елементів живлення в окремих точках орного шару.

Поряд із зниженням загальних показників вмісту основних елементів живлення на фоні безполицевих прийомів обробітку внаслідок погіршення аерації і мікробіологічної діяльності тут спостерігалось поглиблення диференціації орного шару за агрохімічними ознаками. Так, на прикладі пшениці озимої видно, що при проведенні оранки вміст азоту в шарі 20–30 см порівняно з верхнім шаром 0–10 см знижувався на 22,5 %, а на фоні мілкого дискового обробітку ця різниця зростала до 40,3 %.

Поряд з тим, що застосування мінеральних добрив в сівозміні сприяє в цілому підвищенню забезпеченості всіх сільськогосподарських культур елементами живлення, в процесі систематичного поповнення запасів зольних елементів у ґрунті відбувається вирівнювання агрохімічних показників в різних полях сівозміні. Подібне явище викликане наближенням балансу виносу елементів живлення культурами і обсягів застосування добрив до зрівноваженого стану, незмінністю культур в сівозміні та однотипністю механічного впливу на ґрунт в межах окремих прийомів обробітку.

Підтвердженням цього наукового положення є показники вмісту у 0–30 см шарі ґрунту азоту, які знаходяться у вузькому коридорі 20,7–23,2 мг/кг з дисперсією до 10 %, в той же час як на фоні без внесення добрив розбіжність між показниками досягала 44 %. В даній ситуації можна говорити про те, що застосування мінеральних добрив при послідовному чергуванні культур в сівозміні виступає фактором стабілізації агрохімічних складових і родючості ґрунтів.

Базові агрохімічні показники продовжували трансформуватись в контрольованих агротехнологічних умовах в наступних трьох ротаціях 5-пільної сівозміні.

Таблиця 5.4

Динаміка основних елементів живлення в сівоzmіни залежно від прийомів обробітку ґрунту, мг/кг,
(середнє за 2015–2017 рр.), фон – N₄₅P₄₅K₄₅

Культура	Шар ґрунту, см	Оранка			Чизельний			Дисковий		
		N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пар чорний	0–10	27,7	215	219	26,5	203	208	26,0	194	203
	10–20	21,8	160	166	20,0	146	151	18,8	140	147
	20–30	20,1	138	143	18,0	131	136	17,9	125	130
	0–30	23,2	171	176	21,5	160	165	20,9	153	160
Пшениця озима	0–10	27,1	207	200	24,9	183	187	23,8	178	188
	10–20	20,9	149	151	18,6	136	139	18,0	128	135
	20–30	20,4	124	138	17,7	122	124	17,0	120	124
	0–30	22,8	160	163	20,4	147	150	19,6	142	149
Соняшник	0–10	24,5	198	167	24,4	191	173	24,6	196	165
	10–20	19,2	155	125	18,2	141	123	18,3	148	118
	20–30	18,4	139	122	17,7	133	112	17,4	136	110
	0–30	20,7	164	138	20,1	155	136	20,1	160	131
Ячмінь ярий	0–10	27,2	192	170	23,4	172	181	22,8	153	165
	10–20	19,0	150	138	17,8	129	131	16,9	114	123
	20–30	18,6	132	119	17,0	119	120	16,1	108	108
	0–30	21,6	158	142	19,4	140	144	18,6	125	132
Кукурудза на зерно	0–10	26,4	195	185	25,1	164	187	29,3	183	178
	10–20	19,6	149	148	18,7	116	134	18,3	120	128
	20–30	18,8	139	132	18,0	110	120	11,5	111	117
	0–30	21,6	161	155	20,6	130	147	19,7	138	141

Дані: Шевченка М.С., Цилюрика О.І., Шевченка С.М.

Трансформація вмісту основних елементів в ґрунті під впливом сівозміни, обробітку ґрунту і часу (тривалості застосування заходів) має декілька векторів їх спрямування: перший, збільшення агрохімічних показників при тимчасовому застосуванні мінеральних добрив; другий, продовження зростання вмісту азоту, фосфору і калію при систематичному внесенні добрив; третій, падіння рівня агрохімічного забезпечення у випадку систематичної відмови від внесення мінеральних елементів живлення.

Таблиця 5.5

Динаміка основних елементів живлення в сівозміні залежно від прийомів обробітку ґрунту, мг/кг (середнє за 2019–2021 р.) фон – без добрив

Культура	Шар ґрунту, см	Оранка			Чизельний			Дисковий		
		N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пар чорний	0–10	15,6	200	176	11,9	188	165	11,1	182	164
	10–20	13,2	140	135	9,5	138	130	7,7	139	129
	20–30	11,0	127	114	8,3	123	115	6,1	118	115
	0–30	13,3	156	142	9,9	150	137	8,3	146	136
Пшениця озима	0–10	9,8	154	140	6,6	153	122	8,2	157	123
	10–20	7,0	114	97	6,5	108	104	5,0	117	89
	20–30	5,8	101	86	4,4	97	90	2,5	96	74
	0–30	7,5	123	108	5,9	119	105	5,2	123	95
Соняшник	0–10	12,4	149	115	10,6	151	106	10,1	142	110
	10–20	11,2	112	89	7,9	109	80	5,2	105	69
	20–30	8,7	104	80	6,2	96	65	4,4	94	61
	0–30	10,8	122	95	8,2	119	84	6,6	114	80
Ячміннь ярий	0–10	15,6	130	172	13,4	134	158	11,9	121	149
	10–20	14,4	113	125	11,0	85	125	7,8	84	99
	20–30	11,8	98	112	9,4	76	108	7,5	75	79
	0–30	13,9	114	136	11,3	98	130	9,1	93	109
Кукурудза на зерно	0–10	14,5	130	161	12,8	148	151	14,8	131	136
	10–20	13,4	116	115	11,8	105	117	10,9	99	103
	20–30	11,7	99	105	9,0	93	108	9,1	89	97
	0–30	13,2	115	127	11,2	115	125	11,6	106	112

На прикладі динаміки вмісту азоту в 0–30 см шарі ґрунту в полі соняшнику прослідковується історична траєкторія корекції цього елементу в системі агрозаходів. Якщо на початку освоєння сівозміни запаси доступного азоту становили 12,1 мг/кг, то через 15 років експлуатації землі без застосування

мінеральних добрив він знижувався до 10,8 мг/кг. Одночасно регулярне внесення під культури сівозміни $N_{45}P_{45}K_{45}$ протягом 15 років сприяло зростанню вмісту азоту з 20,7 до 22,4 мг/кг. Розподіл рухомого фосфору в 0–30 см шарі ґрунту характеризувався аналогічними тенденціями з азотом. За відсутності удобрення вміст фосфору знижувався з 127 до 113 мг/кг та зростав з 164 до 174 мг/кг на фоні регулярного внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$.

Таким чином, завдяки високій природній буферності чорноземи характеризуються достатнім консерватизмом щодо мінливості агрохімічних показників під впливом різних агроприйомів, в тому числі і застосування мінеральних добрив в процесі багаторотаційного використання ґрунтів. На сьогодні існує дві основні причини, які не дозволяють встановити точну корелятивну залежність в балансі поживних речовин у ґрунті.

Таблиця 5.6

Динаміка основних елементів живлення в сівозміни залежно від прийомів обробітку ґрунту, мг/кг (середнє за 2019–2021 рр.) фон – $N_{45}P_{45}K_{45}$

Культура	Шар ґрунту, см	Оранка			Чизельний			Дисковий		
		N- NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N- NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N- NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пар чорний	0–10	29,7	227	226	29,5	215	222	29,0	206	216
	10–20	23,8	170	173	22,0	154	161	20,8	150	155
	20–30	21,1	146	148	19,0	139	141	18,9	131	137
	0–30	24,9	181	182	23,5	169	175	22,9	162	169
Пшениця озима	0–10	29,1	218	213	26,9	196	199	25,8	189	201
	10–20	21,9	158	161	19,6	145	148	19,0	137	142
	20–30	21,4	132	146	18,7	128	128	18,0	126	130
	0–30	24,1	169	173	21,7	156	158	20,9	150	158
Соняшник	0–10	26,5	208	179	27,4	203	184	27,6	210	179
	10–20	21,2	165	134	19,2	148	132	20,3	158	128
	20–30	19,4	148	129	17,7	141	118	17,4	144	116
	0–30	22,4	174	147	21,4	164	145	21,8	171	141
Ячмінь ярий	0–10	29,2	204	182	25,4	184	193	24,8	164	177
	10–20	20,0	160	146	19,8	138	141	18,9	123	132
	20–30	19,6	140	126	18,0	126	126	17,1	115	113
	0–30	22,9	168	151	21,1	149	153	20,3	134	141
Кукурудза на зерно	0–10	29,4	206	198	28,1	175	199	32,3	195	190
	10–20	21,6	159	157	20,7	125	144	20,3	130	136
	20–30	19,8	148	138	19,0	117	126	116	118	124
	0–30	23,6	171	164	22,6	139	156	56,2	148	150

По-перше, це відсутність об'єктивної адекватності між агрохімічними показниками та ідентичністю засвоєння зольних елементів рослинами. По-друге, недостатня вивченість процесів трансформації поживних речовин з валових запасів у ґрунті в доступні форми і навпаки. Про значні диспропорції в методології агрохімічного аналізу свідчать також суттєві розбіжності між величинами цих показників. Наприклад, вміст доступних форм фосфору і калію на порядок вище, ніж азоту, в той час як винос основного білкового елементу рослинами, як правило, в 2–3 рази вище за фосфор і калій.

Ефективність мінеральних добрив залежить не тільки від вмісту поживних елементів у ґрунті, але і від того, наскільки вони суміщаються з активними зонами кореневої системи рослин. У цьому випадку важливого значення набувають прийоми основного обробітку ґрунту, які регулюють позиційне розміщення в орному шарі як добрив, так і кореневої маси рослин.

Як видно, при впровадженні ґрунтозахисних прийомів обробітку без обертання скиби та мілкого розпушування проявлялися процеси поглиблення диференціації ріллі за вмістом поживних речовин.

Переконливим прикладом у цьому контексті є порівняння вмісту NPK на фоні оранки і мілкого дискування при регулярному внесенні мінеральних добрив протягом 15 років. Якщо оранка забезпечувала вертикальний розподіл поживних речовин, при якому вміст рухомого фосфору в 0–10 см шарі ґрунту на посівах кукурудзи становив 206 мг/кг, то в нижній частині ріллі 20–30 см – 148 мг/кг. За мілкого дискового обробітку у верхньому шарі концентрація фосфору була меншою на 11 мг/кг, а у нижньому – на 30 мг/кг.

Показовим прикладом впливу оранки на більш глибоке проникнення добрив в ґрунт є динаміка вмісту фосфору в шарі 20–30 см залежно від прийому обробітку в посівах кукурудзи. Так, за систематичного внесення добрив на фоні оранки порівняно з неудобреними варіантами в шарі ґрунту 20–30 см зростав на 59 мг/кг, а при мілкому обробітку – лише на 3 мг/кг. Тобто, глибока оранка більш активно включала в колообіг поживні елементи ґрунту.

Таким чином, в 5-пільній сівозміні з вивчення тривалого впливу

мінеральних добрив, прийомів основного обробітку ґрунту на вміст основних елементів в чорноземі звичайному засвідчило, що агрохімічні показники знаходились під комплексним впливом організаційних і технологічних прийомів.

Систематичне внесення мінеральних добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ під основні культури сівозміни супроводжувалось зростанням вмісту азоту, фосфору і калію на всіх фонах основного обробітку ґрунту в кожному з полів зерно-паро-просапної сівозміни.

Вирощування сільськогосподарських культур в сівозміні без компенсації виносу поживних речовин урожаєм приводить до зниження вмісту основних елементів живлення в ґрунті на 9–30 %.

Збільшення тривалості незмінного використання безполицевих прийомів обробітку ґрунту викликає посилення диференціації орного шару за агрохімічними параметрами з підвищенням концентрації у верхньому шарі ріллі.

При значній мінливості показників вмісту азоту, фосфору і калію в ґрунті під впливом комплексу агротехнологічних заходів чорнозем звичайний відрізнявся достатньо стійкою буферністю і здатністю підтримувати високий рівень урожайності культур в сівозміні.

5.3. Трансформація гумусового стану чорнозему в сівозмінах різної інтенсивності

Тривала експлуатація чорноземів на основі різних агротехнологічних принципів супроводжується відповідною динамікою трансформації показників родючості ґрунтів. Не дивлячись на значну кількість показників родючості ґрунтів найбільш асоційованим її вираженням є ростова реакція сільськогосподарських культур на якісне наповнення ґрунтового середовища факторами життєзабезпечення [20, 170, 398, 434, 475].

В землеробстві степової зони склалися умови, коли відчувається дефіцит застосування мінеральних і органічних добрив [118, 164, 205, 381, 432]. Тому

виходячи з даних ресурсних обставин важливо визначити комплекс агротехнологічних елементів, які здатні оптимізувати умови живлення рослин.

Для розробки сівозмін, системи основного обробітку ґрунту та удобрення важливо знати, як під дією агроприйомів взаємодіють показники вмісту у ґрунті основних елементів живлення і гумусу.

Сьогодні надзвичайно актуальним є питання акумуляції рослинних рештків в гумусові речовини, швидкість процесів гуміфікації в різних локаціях профілю ріллі, ступінь її диференціації за вмістом гумусу. Корінним є також питання залежності накопичення гумусу від консервативних умов в глибинних шарах на фоні мілкового обробітку, або при інтенсивному обертанні скиби разом з біорештками культур сівозміни.

Рівень гумусованості чорнозему, з одного боку, відноситься до консервативного фактору, а, з іншого, він здатний змінюватись під впливом агротехнологічних заходів. Як встановлено нами, природна буферність гумусових сполук дозволяла утримувати показники вмісту гумусу в орному шарі достатньо у вузькому діапазоні 4,21–4,39 %, не дивлячись на радикальний вплив добрив і обробітку ґрунту протягом 10 років контролювання режиму родючості (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

Вплив обробітку ґрунту і добрив на вміст гумусу у сівозміні, %

Добрива	Обробіток ґрунту	Шари ґрунту, см			
		0–10	10–20	20–30	0–30
середнє за 2009–2011 рр. дані Горобця А.Г., Цилюрика О.І.					
Без добрив	Оранка	4,43	4,22	3,98	4,21
	Мілкий	4,42	4,24	4,05	4,24
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	Оранка	4,62	4,18	3,93	4,24
	Мілкий	4,62	4,25	4,00	4,29
середнє за 2019–2021 рр.					
Без добрив	Оранка	4,45	4,22	4,05	4,26
	No-till	4,51	4,34	4,08	4,31
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	Оранка	4,66	4,33	4,06	4,35
	No-till	4,70	4,42	4,05	4,39
НІР ₀₅ , т/га: обробіток ґрунту – 0,07–0,10; добрива – 0,08–0,09					

Проте, в розрізі окремих шарів інтенсивність обробітку ґрунту і застосування добрив, процеси трансформації показників вмісту гумусу проявляються більш активно, що свідчить про значну регулятивну роль агроприйомів. Максимуму різниця вмісту гумусу досягала на фоні No-till технології при внесенні $N_{45}P_{45}K_{45}$ між шарами ґрунту 0–10 см – 4,7 % і 20–30 см, де вміст гумусу знижувався до 4,05 %, або на 0,65 %.

Регулярне застосування біорешток попередніх культур в сівозміні виявилось одним з найважливіших факторів стабілізації гумусового балансу в ґрунті. Введення у колообіг рослинних решток до 14–16 т/га за ротацію сівозміни сприяло зростанню вмісту гумусу як на фоні внесення, так і без застосування добрив на 0,5–0,7 %, а також інтенсивному та мінімальному обробітку ґрунту на 0,3–0,5 %.

Таким чином, орний шар ґрунту чорнозему за умов акумуляції біорешток продукуваних сільськогосподарськими культурами забезпечує стійку тенденцію до зростання вмісту гумусу при широкому спектрі агротехнологічних модифікацій.

Розподіл надземних біорешток та відмерлої кореневої системи рослин в орному шарі ґрунту відбувався таким чином, що зростання показників вмісту гумусу спостерігалось по всьому профілю ріллі. Найбільш активно процеси гуміфікації проходили у верхньому 0–10 см шарі, де вміст гумусу зростав до 4,45–4,70 %. В менш активному 0–30 см шарі за період досліджень гумус також зростав до 4,05–4,08 % як на фоні оранки, так і No-till.

Тисячолітнє формування чорнозему – це перш за все сезонне відмирання біомаси рослин і перемішування її з мінеральною породою. Тому в новітню епоху трансформації чорнозему навіть часткове повернення в ґрунт біомаси попередників сприятливо впливає на баланс гумусу. На сучасній технологічній мові це виглядає так: на відновлення балансу гумусу наявність біомаси сільськогосподарських культур впливає більше, ніж способи механічного перемішування ґрунту.

5.4. Агрофізичний стан та біологічна активність ґрунту

Питання диференціації орного шару при різних прийомах основного обробітку в сівозміні за родючістю, біологічною активністю та динамікою цих показників залежно від інтенсивності механічного впливу на ґрунт і колообігу органічних речовин є виключно важливим для теоретичного обґрунтування інноваційної ґрунтозахисної технології вирощування сільськогосподарських культур.

Численними дослідженнями з вивчення поживного режиму ґрунту при переході до безполицевих прийомів обробітку в різних ґрунтово-кліматичних зонах встановлений факт більшої концентрації основних елементів живлення (фосфору і калію) у верхньому шарі ґрунту, зниження біогенності й ефективної родючості нижніх шарів при тривалому їх впровадженні. При цьому в одних випадках локалізація елементів родючості розглядається як задовільний чинник, оскільки на початку вегетації біля слаборозвиненої кореневої системи рослин є підвищений вміст елементів живлення, в інших – як негативний, тому що в умовах посухи поживні речовини у верхньому шарі ґрунту стають позиційно і фізіологічно недоступними для рослин. Встановлено також, що підвищена кількість поживних решток (мульчі) призводить до зниження засвоєння азоту рослинами. При розкладанні рослинних решток, які характеризуються широким співвідношенням вуглецю до азоту, спостерігається біологічне поглинання останнього ґрунтовими мікроорганізмами для власного інтенсивного розвитку [21, 59, 257, 260, 283, 290, 405, 408, 484].

Комплексний вплив культур сівозміни, обробітку ґрунту та мінеральних добрив на біологічну активність ґрунту вивчали в стаціонарному польовому досліді протягом 2017–2020 рр. В досліді проводили обліки та визначення таких контрольованих факторів, як обсяг рослинних решток, вологість і твердість ґрунту, кількість виділеного з ґрунту CO_2 за ключовими фазами розвитку сільськогосподарських культур та активністю мікробіологічних процесів.

Аналіз агрофізичних та біотичних показників проводили у всіх полях

сівозміни: горох – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно. На фоні сівозміни вивчали такі прийоми основного обробітку ґрунту: глибока оранка ПО-3-35; мілкий дисковий на 10–12 см БДВ-6,3; No-till – Great Plains, крім того, були варіанти без внесення добрив і $N_{45}P_{45}K_{30}$.

У період догляду за посівами систему знищення бур'янів будували на основі комплексних хімічних та агротехнічних заходів. При цьому ґрунтові й страхові гербіциди, а також механічні прийоми, як на фоні глибокої оранки, так і дискового обробітку, застосовували за ідентичною схемою та згідно з дозволеними регламентами. В посівах пшениці озимої і ячменю ярого у фазі кущення, до початку виходу в трубку, вносили гербіцид вегетативної дії агрітокс в дозі 0,8 л/га. Як ґрунтовий гербіцид для внесення під передпосівну культивуацію кукурудзи на зерно і соняшник використовували аватар в дозі 2,5 та 2,0 л/га відповідно.

Як показали наші дослідження, мінімізація обробітку ґрунту поряд з агрофізичними деформаціями викликає суттєві зміни у диференціації шару 0–30 см щодо позиційного розміщення поживних елементів, концентрації потенційних гумусових речовин в аеробній зоні і активізації життєдіяльності бактерій, про це свідчить виділення вуглекислого газу з ґрунту.

Трансформація мульчованого покриття поверхні ґрунту з рослинних решток проходила за рахунок механічного перемішування їх з ґрунтом і розкладання мікроорганізмами.

Як видно (табл. 5.8), найбільші обсяги органічної маси в сівозміні залишала після себе кукурудза на зерно, а мінімальні – соняшник. Радикальний перерозподіл проективного покриття на поверхні й по профілю орного шару зумовлювали прийоми основного обробітку ґрунту. Так, після збирання урожаю кукурудзи і оранки під наступну культуру на поверхні поля залишалось 0,61 т/га рослинних решток, на фоні мілкого дискового обробітку ґрунту – 3,12 т/га, а в разі підготовки поля до прямої сівби – відповідно 4,34 т/га.

Одним із факторів, що впливають на біотичну активність ґрунту, є ступінь ущільнення ризосферної зони залежно від прийомів основного обробітку.

Агрофізичний моніторинг стану ґрунту показав, що при вирощуванні різних культур у сівозміні, орний шар був неоднорідним за показниками твердості у вертикальному розрізі.

Таблиця 5.8

Динаміка біомаси мульчувального покриття поверхні поля за різного обробітку ґрунту, т/га (середнє за 2017–2020 рр.)

Культура	Строк визначення	Обробіток ґрунту		
		оранка	мілкий дисковий	No-till
Пар чорний	Осінь	0,30	2,10	3,21
	Весна	0,11	1,62	2,41
Пшениця озима	Осінь	0,39	2,48	3,91
	Весна	0,23	2,01	3,36
Соняшник	Осінь	0,28	1,87	2,24
	Весна	0,21	1,42	2,03
Ячмінь ярий	Осінь	0,24	1,96	2,60
	Весна	0,10	1,58	1,85
Кукурудза	Осінь	0,61	3,12	4,34
	Весна	0,35	2,88	4,05
НІР ₀₅ , т/га: обробіток ґрунту – 0,06–0,10; культури – 0,08–0,12				

В усіх посівах культур сівозміни між верхнім, менш твердим шаром, 10–15 кг/см² і глибшим – з механічною протидією для рослин 25–30 кг/см² можна було бачити лінію розмежування. Сутність цього явища полягає в тому, що лінія різкого розмежування залягає на неоднаковій глибині і чітко характеризує агрофізичне значення прийомів обробітку ґрунту (табл. 5.9).

Ця методика дозволяє одержувати надзвичайно точні експериментальні дані й переважає інші способи контролювання агрофізичного стану ґрунтів в будь-який період польових робіт. Особливо важливим є те, що цей метод не тільки фіксує агрофізичний стан ґрунту, але й уможливорює встановити зв'язок між ним і динамікою росту та розвитку сільськогосподарських культур, тобто розкриває характерні для агроценозу біофізичні механізми.

Як показали дослідження, глибина залягання твердого шару ґрунту тісно пов'язана зі способами основного обробітку і біологічними особливостями культур сівозміни.

Таблиця 5.9

Глибина залягання твердого шару ґрунту при різних прийомах обробітку в сівозміні (верхній – 10–15 кг/см², нижній – 25–30 кг/см²) (середнє за 2017–2020 рр.)

Культура	Фаза розвитку	Вологість ґрунту в 0–30 см шарі, %	Обробіток ґрунту		
			оранка	дисковий	No-till
Горох	Молочно-воскова стиглість	15,3	$\frac{14}{66}^*$	$\frac{9}{60}$	$\frac{8}{55}$
Пшениця озима	Молочна стиглість	13,4	$\frac{14}{94}$	$\frac{10}{90}$	$\frac{8}{87}$
Соняшник	4 пари листків	19,4	$\frac{24}{42}$	$\frac{14}{38}$	$\frac{12}{32}$
Ячмінь ярий	Формування зерна	13,5	$\frac{14}{73}$	$\frac{10}{67}$	$\frac{8}{62}$
Кукурудза	6–7 листків	20,3	$\frac{24}{61}$	$\frac{12}{50}$	$\frac{9}{43}$

* Чисельник – глибина залягання твердого шару ґрунту, см;
знаменник – висота рослин, см.

Станом на 1 червня значна товща менш ущільненого шару (0–24 см) була на фоні глибокої оранки в посівах соняшнику і кукурудзи, а найбільш тонким (0–8 см) цей прошарок виявився в посівах гороху, ячменю ярого і пшениці озимої на фоні прямої сівби.

У цілому мінімізація обробітку ґрунту супроводжувалась ущільненням орного шару шляхом обмеження глибини розпушеного шару ґрунту до 8–12 см, в той час як на фоні оранки відмічалися більш сприятливі умови для росту кореневої системи в шарі ґрунту до 14–24 см.

Внаслідок обмеження сприятливого агрофізичного об'єму ґрунту із зменшенням інтенсивності основного обробітку всі культури сівозміни гальмували свій лінійний приріст. Так, на фоні No-till мало місце зменшення висоти рослин пшениці озимої до 87 см порівняно з оранкою – 94 см, а кукурудзи у фазі 6–7 листків – з 61 до 43 см по оранці.

Яскравим доказом агрофізичної диференціації орного шару ґрунту за тривалого використання в сівозміні однотипних знарядь обробітку ґрунту є реакція чорнозему на зволоження за рахунок опадів. Так, після інтенсивного

дощу 45 мм 30 липня 2017 р після збирання ранніх зернових культур і в період молочно-воскового стану зерна кукурудзи сприятлива кореневмісна зона орного шару ґрунту суттєво розширилась. Глибина залягання лінії розмежування твердого і розпушеного шару після збирання гороху перемістилась на глибину 16–23 см, а під посівами соняшнику – 21–27 см, що на 3–9 см глибше, ніж до випадання дощу. Проте, навіть після суттєвого зволоження ґрунту перевага оранки над мінімальним обробітком зберігалась за здатністю до розушільнення у результаті кращої вбирної функції ґрунту.

За аналогічними параметрами на фоні різних прийомів основного обробітку формувався проективний покрив ґрунту по кожній культурі сівозміни.

Впродовж зимового консервативного періоду рослинні рештки також проходили стадію деструкції і розкладу, хоча в цей час механічний вплив знарядь обробітку ґрунту був відсутній. Так, на фоні мілкого дискового обробітку до початку весняно-польових робіт зменшення кількості пожнивних решток різних культур сівозміни становило 0,24–0,48 т/га, а у випадку прямої сівби – 0,21–0,80 т/га. Тобто за рік в усіх полях сівозміни, яка включає 5 полів, необхідно утилізувати і перетворити в гумус 16,3 т/га рослинних решток. Це важливе технологічне і екологічне завдання сучасного землеробства.

Динаміка проективного покриття поверхні поля рослинними рештками показала, що прийоми основного обробітку ґрунту суттєво відрізнялись за характером протиерозійної ефективності та процесами мікробіологічного руйнування соломи під впливом вологи, температури і механічної дії ґрунтообробних знарядь. При цьому прийоми мінімального обробітку ґрунту сприяли посиленню протиерозійної стійкості чорнозему під дією дощових крапель і процесів мінералізації органічних решток замість необхідної гуміфікації.

Інтенсивність розкладання органічної маси в ґрунті є процесом неоднорідним, який, в першу чергу, залежить від визначальних факторів – вологи, температури і рівня аерації оброблюваного шару чорнозему [188]. Об'єктивність процесів дихання біотичної складової ґрунту за фізичними

параметрами дає можливість оцінити загальну біологічну активність ґрунту, яка побудована на кількості виділеного вуглекислого газу при різній експозиції з одиниці площі поверхні поля. Як показали наші дослідження, біологічна активність ґрунту залежала від фаз розвитку кукурудзи і в цьому розрізі відзначалась достатньо широкою амплітудою коливання. Так, на прикладі оранки видно, що максимум інтенсивності дихання ґрунту (475 мг/м^2) припадав на 30 добу після сівби кукурудзи, коли відмічається оптимальне поєднання температури і вологості ґрунту. Недостатнє прогрівання ґрунту при нормальному зволоженні в момент проведення сівби кукурудзи було причиною зниження його біологічної активності до $331 \text{ мг/м}^2 \text{ CO}_2$ (табл. 5.10).

Таблиця 5.10

Вплив сівозмін і прийомів обробітку на загальну біологічну активність ґрунту, $\text{мг/м}^2 \text{ CO}_2$ (середнє за 2017–2020 рр.)

Культура	Строк визначення	Обробіток ґрунту		
		оранка	мілкий дисковий	No-till
Горох	1 травня	371	347	320
	1 червня	503	463	405
Пшениця озима	1 травня	317	302	289
	1 червня	409	380	351
Соняшник	1 травня	350	347	295
	1 червня	492	439	420
Ячмінь ярий	1 травня	328	313	296
	1 червня	433	397	360
Кукурудза	1 травня	331	314	282
	1 червня	475	458	411
НІР ₀₅ , $\text{мг/м}^2 \text{ CO}_2$: обробіток ґрунту – 9–14; культури – 12–16				

Аналогічні закономірності відносно виділення CO_2 з ґрунту протягом окремих фаз розвитку кукурудзи простежувались на фоні мілкого обробітку і прямої сівби.

Протягом всіх строків визначення загальної біологічної активності ґрунту простежувалася стійка тенденція щодо впливу окремих видів обробітку ґрунту на діяльність ґрунтових мікроорганізмів.

Так, загальна біологічна активність ґрунту як на стадії максимуму, так і

мінімуму амплітуди активності процесів дихання характеризувалась вищими показниками на фоні оранки, а при інших способах механічної дії на чорнозем, за прямої сівби, їхні значення були нижчими. Якщо на 30 добу після сівби кукурудзи по оранці і дисковому обробітку біологічна активність ґрунту становила 475–458 мг/м² CO₂, то на фоні прямої сівби – 411 мг/м² CO₂.

Причина такого розподілу біологічної активності ґрунту залежно від прийомів основного обробітку полягає в різній профільній дислокації біомаси ярого ячменю. Доступність кисню, наявність вологи і органічної речовини у верхньому шарі ґрунту при мілкому обробітку створювали найбільш сприятливе середовище для розвитку мікроорганізмів. В той же час на фоні прямої сівби значна частка рослинних решток зосереджувалась на поверхні ґрунту і була ізольована від зони активної діяльності ґрунтової біоти. Оранка деякою мірою також гальмувала інтенсивність виділення CO₂ внаслідок переміщення біомаси в більш глибокі шари ґрунту з обмеженим доступом кисню.

Таким чином, біологічна активність ґрунту є похідним чинником, який різною мірою залежить від особливостей технології вирощування культур сівозміни, наявності в чорноземі органічної речовини рослинних решток, рівня ущільнення орного шару та прийомів основного обробітку. Застосування глибокої оранки завдяки створенню сприятливих умов для розповсюдження кореневої системи сільськогосподарських культур в ґрунті, достатній аерації і поліпшенню водно-фізичних властивостей забезпечують максимальну біологічну активність ґрунтової біоти під всіма культурами сівозміни.

5.5. Трансформація біологічної конкурентності попередників в сівозмінах

На різних етапах розвитку землеробства структура посівних площ і чергування культур в сівозміні не завжди відповідали оптимальному співвідношенню [69, 120, 162, 170, 318, 319].

На початку XX століття домінуючими були ярі зернові культури. На наступному етапі перевагу надавали багаторічним бобовим травам, далі

фаворитом стала просапна кукурудза, на наступному етапі кормова група не здатна була забезпечити високу продуктивність тваринництва, в епоху економічних підходів пануючими стали культури з інтенсивною оборотністю фінансів – кукурудза і соняшник [162, 170].

Специфіка структури посівних площ, притаманних кожній системі землеробства в історичному розрізі, проявила свої еколого-економічні недоліки.

Агробіоценотичні форми посівів ярих колосових культур супроводжувались зростанням забур'яненості специфічними видами бур'янів внаслідок слабкої фітоценотичної стійкості цієї біологічної групи культур.

Надмірне захоплення багаторічними бобовими травами поряд з ефективним регулюванням родючості ґрунтів суттєво стримувало зростання продуктивності ріллі і ставило землеробство на екстенсивний шлях розвитку.

Розширення посівів кукурудзи на зерно і зелений корм створило умови для поширення бур'янів, введення в технології значних обсягів ручної праці, а також погіршення якості добору попередників.

В останні 25 років довелось поєднувати відмову від кормових культур, радикальне збільшення посівів просапних культур до 12 млн га з активним хімічним захистом і небезпекою накопичення залишків пестицидів [162, 320].

Причиною радикальної трансформації структури посівних площ стали три фактори: по-перше, суттєве зниження поголів'я великої рогатої худоби, по-друге, великий попит світового ринку на олію соняшника, по-третє, відкриття експортних можливостей для зернової продукції.

Внаслідок такої реструктуризації складу сільськогосподарських культур посівні площі соняшника зросли з 1,7 до 6,0 млн га, кукурудзи з 2,0 до 4,9 млн га, з іншого боку, суттєво скоротилися посіви кормових культур з 31 до 4 % в структурі посівів, ярого ячменю з 9 до 3 %, гороху з 5 до 2,5 % [401].

В такій ситуації різкого погіршення якості попередників, які негативно вплинули на формування урожайності в сівозміні та погіршили становище, своєрідним «вогнегасником» виявились нові сорти сільськогосподарських культур, ґрунтообробна техніка з високими показниками продуктивності праці,

ефективні засоби захисту від шкідливих організмів та збільшення вегетаційного періоду.

Для того щоб визначити роль попередників в сівозміні, ми провели порівняння їх в різних агротехнологіях вирощування, які склалися в 60-х роках минулого століття, на базі менш продуктивних сортів і обмежених обсягів використання засобів хімізації і на фоні сучасних агротехнологій (2016–2021 рр.).

Проведене нами порівняння особливостей реакції культур сівозміни на попередники в 1961–1969 рр. та в 2014–2021 рр. дало можливість поглибити уявлення про функціонування закону плодозміни, його модифікаційні можливості та залежність від техногенного рівня методів вирощування сільськогосподарських культур.

Головне завдання постановки цього питання полягало в тому, щоб з'ясувати, чи можна досягти високої продуктивності сівозміни при відхиленні від класичних нормативів чергування культур на основі технологічного корегування факторів життєздатності рослин.

Для експерименту було вибрано основні системоутворюючі культури пшеницю озиму, кукурудзу на зерно, ячмінь ярий і соняшник, які тестувались за реакцією на різні попередники (табл. 5.11).

З наведених даних видно, що сучасні технології, засоби хімізації і сорти забезпечили безперечну перевагу урожайності всіх сільськогосподарських культур над тією, яка була одержана 50 років тому при значно нижчому потенціалі селекційних досягнень і відсутності засобів захисту рослин з високим очисним ефектом.

Так, наприклад, по найкращому попереднику (горох) урожайність кукурудзи зернової зростала порівняно з минулим періодом з 5,48 до 6,83 т/га, а порівняно з найскладнішим (кукурудза по кукурудзі) – з 4,11 до 5,53 т/га.

Ячмінь ярий як культура з високою реагентністю на сівозмінні фактори, ще більш суттєво змінював свою урожайність залежно від попередника. Так, на етапі екстенсивного землеробства з переходом від попередника пшениця озима

до кукурудзи урожайність ячменю ярого знижувалась з 2,55 до 1,97 т/га, а на стадії інтенсифікації виробництва відповідно з 3,09 до 2,49 т/га. Тобто тенденція залежності від попередника залишилася, але вже на вищому рівні показників продуктивності.

Таблиця 5.11

Оцінка попередників в сівозміні на різних етапах розвитку землеробства

Попередник	Культири сівозміни			
	пшениця озима	кукурудза	ячмінь ярий	соняшник
Пшениця озима	<u>4,21</u>	<u>5,14</u>	<u>2,55</u>	<u>2,16</u>
	5,18	6,85	3,09	3,25
Кукурудза	<u>2,88</u>	<u>4,11</u>	<u>1,97</u>	<u>1,58</u>
	4,07	5,53	2,49	2,38
Ячмінь ярий	<u>4,37</u>	<u>5,25</u>	<u>2,37</u>	<u>2,16</u>
	4,91	6,50	2,84	3,10
Соняшник	<u>3,77</u>	<u>4,22</u>	<u>1,98</u>	<u>1,37</u>
	4,61	6,08	2,70	2,84
Озимий ріпак	<u>4,84</u>	<u>5,26</u>	<u>2,38</u>	<u>2,25</u>
	5,34	6,61	2,82	2,90
Горох	<u>4,29</u>	<u>5,48</u>	<u>2,66</u>	<u>2,41</u>
	4,96	6,83	3,17	3,30

Примітка: чисельник – урожайність за 1964–1969 рр. дані Лебеда Є.М.,
знаменник – за 2014–2021 рр. дані Шевченка М.С., Шевченка С.М.

Аналіз всього ряду попередників підтвердив тенденцію щодо зниження урожайності окремих культур по мірі погіршення факторів життєзабезпечення після волого- та поживновиснажливих попередників. Послідовне зниження урожайності, наприклад, пшениці озимої залежно від попередників відбувалося в наступному порядку: після ріпаку озимого – 4,84 т/га, ячменю ярого – 4,37 т/га, гороху – 4,29 т/га, пшениці озимої – 4,21 т/га, соняшника – 3,77 т/га, кукурудзи на зерно – 2,88 т/га. На новому витку модернізації агротехнологій також зберігаються і проявляються закономірності реакції культур на попередники в сівозміні, що підтверджує аналогічна динаміка зниження урожайності залежно від якості попередника. Проте, радикалізм нової концепції погляду на побудову сівозмін полягає в тому, що сьогодні найбільш несприятливий попередник забезпечує урожайність вищу, ніж найкращий в минулому. Наприклад,

найскладніший в ресурсному та агротехнологічному плані попередник кукурудза на зерно забезпечила одержання 5,53 т/га зерна кукурудзи (як наступна культура), що на 0,41 т/га вище, ніж по пшениці озимій в 1964–1969 рр., на 0,30 т/га по ячменю ярого, на 0,33 т/га по соняшнику, на 0,29 т/га по ріпаку озимому, на 0,07 т/га по гороху.

Таким чином, в більшості випадків, наведених в таблиці 5.11, показують, що у взаємодії агротехнологічних умов і чергування ресурсні фактори перекривають регулятивні можливості плодозміни, що відводить водно-трофічні зв'язки між культурами на другий план.

Проте, одночасно із зменшенням регулятивної ролі чергування культур в сівозміні в інтенсивному землеробстві залишилися працювати закони плодозміни і розподіл культур на сприятливі та ресурсовитратні. При цьому навіть широких функціональних можливостей сучасних технологій щодо контролювання ступеня забур'яненості і ураження рослин хворобами та шкідниками, вологозабезпеченість агроценозів залежно від біології сільськогосподарських культур залишається найбільш проблематичним питанням. В результаті в стаціонарних сівозмінах всі культури реагували на попередники відповідними показниками урожайності. Так, в широкому діапазоні попередників від гороху до соняшника урожайність ячменю ярого змінювалась в межах від 2,49 до 3,17 т/га, пшениці озимої від 4,07 до 5,34 та соняшника від 2,38 до 3,25 т/га. Тобто, не дивлячись на значний вплив нових засобів виробництва на урожайність в сівозміні, попередники також з великою вірогідністю формують агроекологічний комплекс, який впливає на урожайність безпосередньо залежних від них культур.

Проведені зональні стаціонарні дослідження в степовій частині показали значний діапазон коливання урожайності зернових культур залежно від сівозмін, добрив і обробітку ґрунту. Одержані експериментальні дані дають можливість оцінити технологічний і ґрунтово-кліматичний потенціал виробництва зерна в північному, південному, південно-східному та південно-західному Степу (табл. 5.12).

Таблиця 5.12

Діапазон урожайності вирощуваних культур в установах Степу, т/га
(середнє за 2017–2020 рр.) дані ДУ ІЗК НААН України, Шевченка С.М.

Установа НААН	Культура						
	пшениця озима	ячмінь ярий	горох	соя	кукурудза	сорго	соняшник
Інститут СГ Степу	3,54-5,25	-	-	1,63- 3,57	3,11-6,61	-	2,28-3,99
ДП «ДГ «Дніпро»	4,07-4,81	2,18-2,92	-	-	4,82-6,51	-	2,07-2,91
Ерастівська ДС	3,62-5,11	1,58-2,64	1,44- 2,01	1,66- 2,16	6,25-7,48	-	3,58-4,46
Розівська ДС	5,95-6,74	1,58-4,77	2,61- 3,07	-	4,77-6,21	-	2,90-4,04
Інститут зрошеного землеробства	4,12-6,04	2,07-4,41	-	-	-	5,11- 6,01	2,12-3,31
Миколаївська ДС	2,96-3,91 6,90-7,56 (жито озиме)	2,79-3,64 (озимий)	-	-	-	2,76- 3,58	1,25-2,63
Асканійська ДС	2,05-2,78 (яра)	-	1,56- 1,87	-	-	0,57- 1,18	-
Одеська ДС	2,02-5,54	-	-	-	-	-	-

Як видно, вираженими лідерами за продуктивністю були пшениця озима і кукурудза на зерно, які відповідно забезпечили від 2,00 до 6,74 т/га та від 3,11 до 7,48 т/га.

При цьому пшениця озима стабільно забезпечувала свій рівень урожайності у всіх частинах Степу, а вирощування кукурудзи на півдні було пов'язано з великим ризиком.

Проте, слід зауважити, що пріоритетні позиції пшениці озимої за показниками урожайності в значній мірі викликані тим, що ця культура переважно розміщується по кращих попередниках, в тому числі і по чорному пару. Якщо по чорному пару пшениця забезпечувала на Ерастівській дослідній станції одержання 5,11 т/га зерна, то по сої 2,16 т/га, в той час коли кукурудза на зерно після сої дозволила довести урожайність до 6,25 т/га. Таким чином, не дивлячись на те, що кукурудза відноситься до категорії некращих попередників, позитивна її роль в сівозміні полягає в тому, що вона краще ніж інші культури

компенсує недоліки ресурсовитратних і сприяє підвищенню продуктивності сівозмін.

За рівнем продуктивності ячмінь ярий і горох не витримують конкуренції з озимою пшеницею і кукурудзою по всій географічній вертикалі степової зони. Максимальний діапазон урожайності гороху 1,44–4,77 т/га спостерігався між показниками, досягнутими на Ерастівській дослідній станції без добрив після кукурудзи на зерно (1,44 т/га) та Розівській дослідній станції при внесенні $N_{45}P_{45}K_{45}$ на фоні оранки (4,77 т/га).

Існує декілька причин того, що ранні ярі зернові культури регулярно поступаються озимим і кукурудзі: короткий вегетаційний період, відсутність достатньої уваги селекціонерів, чутлива реакція на стресові фактори, недостатня економічна популярність на ринку.

Тривалий час (близько 30 років) соняшник займав своє монопольне становище в сівозмінах шляхом екстенсивного розширення посівних площ, яке йшло врозріз з науковими позиціями щодо дотримання поживного режиму і фітосанітарного стану.

В складній ситуації були знайдені наукові рішення у сфері селекції, імунітету і захисту рослин, які полягали в суттєвому зростанні урожайності, підвищенні стійкості культури до вовчка соняшникового та ефективних гербіцидів проти цього паразита.

Свідченням прогресу в агробіології соняшника є показники урожайності, досягнуті в різних частинах степової зони (Дніпропетровська, Кіровоградська, Запорізька обл.), де показники продуктивності досягли 3,99–4,46 т/га. При цьому у виробництві маслонасіння зберігаються значні резерви зростання, оскільки на решті стаціонарних дослідів внаслідок застарілого сортового ресурсу і недостатнього використання мінеральних добрив урожайність залишалась на незадовільному рівні 1,25–2,12 т/га.

В умовах зонального потепління і прояву посушливості клімату актуальності для сівозмін набувають посухостійкі культури, до яких в першу чергу відноситься сорго зернове. Посівні площі сорго не набули вирішального

значення в зерновому балансі через ряд господарських та технологічних недоліків. В першу чергу це відсутність ефективних гербіцидів і втрати урожаю від бур'янів, висока збиральна вологість зерна, нерівномірність сходів в сухому ґрунті. В південній посушливій частині Степу в різних сівозмінах сорго забезпечило 1,18 т/га зерна (Асканійська ДС), а в Інституті зрошуваного землеробства – 6,0 т/га.

Як виявилось, сорго, як і інші зернові культури, пропорційно реагує зростанням урожайності на покращення вологозабезпечення. Головною перевагою цієї культури щодо комплексу посухостійкості є регенераційна здатність після критичного зневоднення [251].

Наведені в таблиці 5.13 показники дисперсії урожайності культур в сівозмінах розкривають лише комплексну дію природних та технологічних факторів, тобто дають загальне уявлення про особливості формування урожаю. Застосована нами більш широка аналітична модель детермінації величини урожайності на основі факторіального розподілу елементів впливу на урожай дозволила встановити значення окремих технологічних прийомів та екологічних ресурсів. До групи контрольованих в стаціонарних сівозмінах факторів були включені зональні агробіологічні умови, попередники основних культур, системи удобрення та способи основного обробітку ґрунту. Як виявилось, самі по собі сільськогосподарські культури специфічно реагують на комплекс агроекологічних факторів внаслідок сівозмінної сумісності з іншими культурами, синхронності фаз розвитку з гідротермічними циклами погоди, тривалості накопичення органічної маси рослинами, інтенсивності та продуктивності транспірації. Теза про неоднорідність реакції окремих культур на зміну умов вирощування одразу підтверджується тим, що всі фактори агробіоценотичного середовища по-різному впливали на формування урожайності сільськогосподарських культур. Наприклад, фактор з найбільш високим детермінаційним потенціалом, яким є зональні ґрунтово-кліматичні умови, визначав урожайність в межах від 42 % (пшениця озима) до 46 % (кукурудза) (табл. 5.13). Дещо нижчий рівень залежності пшениці озимої від

зональних умов пояснюється кращим використанням цією культурою пізньоосінніх та ранньовесняних ресурсів вологи, коли яра біогрупа або ще не використовує, або вже не використовує. При цьому формування урожаю соняшника і ячменю ярого залежала на 44 % від зональних умов, не дивлячись на достатньо суттєві біологічні розходження цих культур, які стосуються в першу чергу обсягів використання вологи.

Таблиця 5.13

Модель коефіцієнта детермінації урожайності сільськогосподарських культур в системі зональних та технологічних факторів, %

Культура	Фактори формування урожаю			
	Загальні гідротермічні умови	Попередники	Удобрення	Обробіток ґрунту
Пшениця озима	42	21	25	12
Кукурудза на зерно	46	19	22	13
Соняшник	44	23	21	12
Ячмінь ярий	44	20	23	13

В структурному аналізі факторів формування урожаю слід усвідомити, що комплекс зональних факторів в свою чергу визначав ефективність попередників, добрив і обробітку ґрунту.

Рівень агрохімічних показників, вологозабезпеченості та фітосанітарного стану, який залишається після різних попередників, здатний впливати на урожайність культур в межах 19–23 %, що тільки незначною мірою поступається застосуванню мінеральних добрив – 21–25 %.

Тому виходячи із статистичної моделі можна говорити про те, що з точки зору економічної оцінки сівоzmіни попередники є більш ефективним прийомом регулювання урожайності, ніж внесення мінеральних добрив.

Таким чином, стратегічний зміст механізмів взаємодії попередників сівоzmіни з мінеральними добривами полягає в тому, що агробіологічні недоліки, викликані обтяжливими попередниками, частково можливо компенсувати використанням добрив. Логістично така схема відома, але в даному випадку вона набуває більш конкретних обрисів.

Основний обробіток ґрунту, як і завжди, залишається визначальним базовим технологічним елементом, який прямо та опосередковано впливає на ефективність всіх технологічних операцій і управління регулювання урожайністю.

Не дивлячись на те, що обробіток ґрунту поступається за коефіцієнтом детермінації 12–13 % добривам і попередникам, від нього залежить цілий комплекс водно-фізичних властивостей ґрунту, рівень фітосанітарної безпеки, локація добрив в орному шарі, інтенсивність ерозії та якість акумуляції органічних добрив рослинного походження. Тому поряд з математичною характеристикою обробітку ґрунту існує більш глибока функціональна здатність цього агрозаходу щодо часткового нівелювання негативного сівозмінного впливу ресурсопоглинаючих культур.

Багатолітня історія вивчення агробіологічних елементів в сівозмінах залежно від біологічних і господарських властивостей культур достатньо всебічно розкрита за рядом важливих параметрів. Принципово встановлено групу кращих показників, строки повернення різних культур на попереднє місце в сівозміні, особливості водного і поживного режимів та закономірності міграції шкідливих організмів.

На даному етапі розвитку землеробства, коли важливо враховувати сівозмінну цінність всіх ресурсів на рівні моделювання достовірного прогнозу виробництва, вже недостатньо закономірностей спрямованості процесів, тут важливо знати, який розрахунковий показник можна отримати в результаті реалізації конкретної сівозмінної моделі.

Поряд з цим слід відмітити, що класична теоретична база щодо функціонування сівозмін побудована на сортових ресурсах і технологіях минулого століття, що не дозволяло використати потенціал землеробства в достатній мірі.

За сучасної технологічної оснащеності землеробства суттєво змінились не тільки параметри ефективності сівозміни, але й самі по собі закономірності формування агробіологічних властивостей біогеоценозів і продуктивності ріллі.

Ще одним вагомим аргументом на користь моделювання агросистем на основі коефіцієнтів сівозмінної депресії урожайності сільськогосподарських культур залежно від попередників, є необхідність оцінки валових зборів зерна та окупності матеріальних вкладень у виробництво.

Запропонований механізм оцінки дозволяє встановити продуктивність сівозмін на будь-яких етапах проведення корегування ротаційної сівозміни і обирати при цьому найбільш оптимальні варіанти чергування культур.

Для того щоб вирішити проблеми визначення цінності попередників, було використано узагальнюючу рейтингову модель, яка показує, на яку частку знижується урожайність культур сівозміни відносно базової планки, прийнятої на рівні чорного пару.

В даному випадку механізм розрахунків полягав у тому, що за одиницю приймалась урожайність будь-яких культур по чорному пару, а зниження їх продуктивності після інших попередників оцінювалось відповідною часткою недобору урожаю від одиниці (1). Наприклад, якщо урожайність пшениці озимої після чорного пару становить 6,0 т/га, то після кукурудзи на зерно при коефіцієнті сівозмінної депресії 0,72 зернова продуктивність озимини знижується до 4,32 т/га (табл. 5.14). Важливо відмітити, що розрахунки коефіцієнтів сівозмінної депресії розроблено на унікальній експериментальній базі, яка включала різноротаційні сівозмін в наукових установах степової зони та провідних фермерських господарствах.

З метою розширення інформаційної бази та універсальності даного аналітичного методу поряд з узагальненим коефіцієнтом сівозмінної депресії в статистичну модель введено показники коефіцієнту на випадок, коли культури розміщуються повторно, а також окреслено діапазон можливої реакції на попередник за різноякісних гідротермічних умов. Такий багатоваріантний аналіз агробіологічного значення культур в сівозміні більш глибоко і достовірно розкриває вплив попередників на умови життєзабезпечення рослин. На прикладі соняшника як попередника видно, що ця культура знижує урожайність до 0,72 коефіцієнту депресії в середньому по масиву даних, при повторній сівбі його

продуктивність продовжує знижуватись до відмітки 0,64, а з урахуванням дисперсії, яка виникає в різні роки досліджень, коефіцієнт може змінюватись в межах від 0,63 до 0,78. Тобто за різних технологічних та кліматичних умов соняшник приводить до зниження урожайності постсівозмінних культур на 37–22 % порівняно з чорним паром.

Таблиця 5.14

Коефіцієнт сівозмінної депресії урожайності сільськогосподарських культур

Культури попередники	Коефіцієнт СД	Коефіцієнт за повторного розміщення культур	Діапазон КСД
Пар	1	-	
Зайнятий	0,91	-	
Сидерати	0,87	-	
Озима пшениця	0,80	0,77	0,74–0,86
Озимий ячмінь	0,84	0,81	0,74–0,87
Жито	0,81	0,80	0,74–0,86
Озимий ріпак	0,86	0,82	0,79–0,88
Ячмінь ярий	0,87	0,79	0,82–0,88
Горох	0,92	0,87	0,87–0,94
Овес	0,89	0,90	0,86–0,93
Просо	0,84	0,86	0,79–0,87
Гречка	0,88	0,89	0,80–0,91
Кукурудза зерно	0,72	0,67	0,69–0,80
Кукурудза силос	0,76	0,73	0,72–0,83
Буряки	0,78	0,73	0,73–0,80
Соняшник	0,66	0,64	0,63–0,78
Сорго	0,65	0,60	0,60–0,75
Трави	0,85	0,80	0,80–0,89
Соя	0,78	0,74	0,75–0,84

Для зручності користування і проведення системного аналізу результатів досліджень коефіцієнти сівозмінної депресії доцільно розподілити на категорії 0,91–1,00 – максимально сприятливе забезпечення умов для росту і розвитку сільськогосподарських культур, 0,81–0,90 – сприятливі попередники за умов достатньої зволоженості, 0,71–0,80 – суттєве зниження урожайності до 34 %, нижче 0,70 – критичне зниження урожайності.

Найбільша група польових культур як попередників (ячмінь озимий, жито, озимий ріпак, ячмінь ярий, овес, просо, гречка, багаторічні трави) відноситься до категорії сприятливих за умов достатнього зволоження з коефіцієнтом 0,81–0,90.

До групи попередників, які викликають суттєве зниження урожайності посткультур з коефіцієнтом депресії 0,72–0,80, відносяться кукурудза на зерно і силос, соя, буряки.

В зону критичної сівозмінної післядії з коефіцієнтом нижче 0,70 потрапляють соняшник і сорго, які здатні суттєво знизити продуктивність всієї сівозміни, за надмірної концентрації цих культур в структурі посівних площ, однак в даній ситуації не слід бути занадто категоричними, оскільки практично всі культури залежно від рівня забезпеченості факторами росту і розвитку як правило можуть переходити в інші категорії. Наприклад, кукурудза на зерно за різних обставин може знаходитись як в групі критичної післядії (коефіцієнт 0,69), так і сприятливого впливу на урожай ($K=0,80$).

Величина коефіцієнту сівозмінної депресії відкриває можливість визначати не тільки очікуваний рівень урожайності постсівозмінних культур, але також забезпечувати формат щодо порівняння продуктивності повноротаційних сівозмін залежно від агробіологічної напруженості, яку створюють різні культури. При цьому вже на стадії моделювання сівозмін за допомогою коефіцієнту депресії можна встановити, яка сівозміна матиме кращі перспективи щодо виходу продукції з одиниці площі ріллі. Використання коефіцієнту сівозмінної депресії може об'єктивно оцінити наслідки проведення реконструкції сівозміни на будь-якому етапі ротаційної схеми.

Як спрацьовує механізм розрахунку цінності за коефіцієнтом депресії можна побачити на прикладі порівняння двох умовних сівозмін з відповідними позначками величини коефіцієнту.

1.	Чорний пар	Озима	Кукурудза	Ячмінь	Озима	Соняшник
	1,00	пшениця	на зерно	ярий	пшениця	0,66
		0,80	0,72	0,87	0,80	

В даному випадку середній коефіцієнт по сівозміні становить 0,70. При цьому із суми наведених коефіцієнтів виключається показник 0,66, який

характеризує соняшник, оскільки ця культура є попередником чорного пару, який не дає продукції.

2.	Кукурудза	Озима	Соняшник	Ячмінь	Озима	Соняшник
	0,72	пшениця	0,66	ярий	пшениця	0,66
		0,80		0,87	0,80	

По другій сівозміні коефіцієнт зупинився на позначці 0,75, що свідчить про комплекс агробіологічних переваг над паровою сівозміною. Це говорить про те, що в 6-пільній сівозміні навіть з виснажливими культурами (2 поля соняшника і кукурудзи) вихід зернових одиниць з га ріллі буде вищим за паровий варіант. Тобто переваги в запасах вологи і поживних речовин, які створює чорний пар, є недостатніми для компенсації втрат урожаю під час парування поля.

Звичайно, що запропонована модель порівняльного аналізу сівозмін за їх продуктивністю, як і всі складні агросистеми, допускають деякі відхилення від прогнозованого результату від отриманих фактичних даних, але в той же час є достатніми для того щоб чітко сформулювати основні закономірності трансформації показників виходу зернових одиниць залежно від складу культур в сівозміні.

Подальше вдосконалення моделі оцінки ролі попередників можна здійснювати шляхом визначення бази даних щодо впливу попередника на кожну культуру окремо, аналізу реакції спарингів культур на умови зволоження, встановлення компенсаційного значення поживного режиму врахування фітосанітарної динаміки при критичному насиченні сівозмін однорідними культурами.

Таким чином, ретроспективний аналіз ефективності систем землеробства і сівозмін показав, що постійне удосконалення сортів і гібридів сільськогосподарських культур та технологій їх вирощування створило об'єктивні агробіологічні підстави для переоцінки попередників в сівозміні. Основний мотив такої трансформації полягав у тому, що в сучасних агросистемах високо потенційні біотехногенні ресурси дозволяють одержати урожайність культур по гірших попередниках вищий, ніж по кращих в минулому періоді.

Статистично встановлено, що серед основних факторів землеробства, які регулюють агробіологічні режими за впливом на рівень врожайності виявилися гідротермічні умови – з коефіцієнтом детермінації 42–46 %, попередники 19–23 %, мінеральні добрива 21–25 % та прийоми основного обробітку ґрунту 12–13 %. Реакція окремих сільськогосподарських культур на фактори життєзабезпечення характеризувалась мінімальною різницею коефіцієнту детермінації за показниками урожайності.

З метою універсалізації оцінки ефективності сівозмін та моделювання їх продуктивності запропоновано ввести коефіцієнт сівозмінної депресії, який показує частку урожайності, що залишається після окремих попередників порівняно з його базовим рівнем після чорного пару. При цьому найбільш сприятливі умови складалися після культур з коефіцієнтом вище 0,80 – озима пшениця, ячмінь, ріпак, жито, ярий ячмінь, овес. В той же час суттєво пригнічували розвиток постротаційних культур соняшник, кукурудза на зерно і силос, буряки, сорго, соя, коефіцієнт яких складав 0,66–0,78.

Таким чином, запропонована методологія системного аналізу щодо оцінки попередників відкриває більш широкі можливості для формування адаптованих сівозмін, оптимізувати набір культур під ринкові вимоги, вносити важливі корективи у сівозміни в екстремальних умовах, регулювати продуктивність сівозмін з урахуванням агротехнологічної модернізації.

5.6. Фактори землеробства та регулювання ростової реакції сільськогосподарських рослин

Чіткішого теоретичного моделювання та практичної реалізації вимагають дві важливі тенденції степового землеробства. По-перше, значно збільшений генетичний потенціал кукурудзи не перетворюється на підвищення врожайності зерна. По-друге, у зв'язку з гострою потребою мінімізувати обробіток ґрунту, відповідні ґрунтові режими та реакція рослин на агрофізичні фактори недостатньо вивчені [51, 64, 442, 448, 508]. Порівняно із звичайним обробітком мінімальний докорінно змінює умови життєдіяльності рослин, починаючи від

проростання насіння: на ґрунтове середовище впливають пожнивні рештки, зосереджені в тонкому поверхневому шарі, можлива посилена активність фітопатогенів, відносно ущільнення в посівному шарі, азотне голодування, обмежена доступність добрив у зоні вкорінення та трансформація водно-фізичних властивостей ґрунту [45, 70, 116, 122]. Досліджено вплив різних прийомів основного обробітку ґрунту на проростання насіння, початкові фази розвитку та реакцію кукурудзи.

Сучасні прийоми основного обробітку ґрунту використовують рештки попередників для підтримки родючості ґрунту та оптимального агрофізичного стану, завдяки чому досягається висока продуктивність сільськогосподарських культур, але ціною постійного зменшення вмісту органічної речовини ґрунту та витрати значної суми палива та праці [210, 396, 403, 451]. Запровадження нульового або мінімального обробітку ґрунту створює нові проблеми [225, 459].

Різні системи обробітку ґрунту суттєво впливали на розподіл пожнивних решток в орному шарі (табл. 5.15). При загальній масі органічних решток 4,72 т/га від попередньої культури пшениці озимої, після оранки найбільша концентрація рослинних решток спостерігалась у шарі 20–30 см (3,68 т/га, 78 % від загальної маси). Мінімальний і нульовий обробіток зосереджував пожнивні рештки у верхньому 0–10 см шарі ґрунту: до 3,17 т/га з чизельним плугом, 4,12 т/га з дискуванням і 4,58 т/га з нульовим обробітком (67, 87 та 97 % від загальної маси соломи відповідно).

Таблиця 5.15

Розподіл пожнивних решток у ґрунтовому профілі, т/га залежно від системи обробітку ґрунту (середнє за 2019–2021 рр., $\bar{x} \pm SD$, $n=16$)

Шар ґрунту	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
0–10 см	$0,33 \pm 0,12^{cd*}$	$3,17 \pm 0,15^b$	$4,12 \pm 0,16^a$	$4,58 \pm 0,17^a$
10–20 см	$0,71 \pm 0,13^c$	$0,86 \pm 0,11^c$	$0,43 \pm 0,12^c$	$0,21 \pm 0,10^{cd}$
20–30 см	$3,68 \pm 0,16^a$	$0,72 \pm 0,11^c$	$0,17 \pm 0,10^{cd}$	$0,02 \pm 0,01^d$
НІР ₀₅ , т/га	0,07–0,10			

Примітка: різні літери позначають значення, які значно відрізняються одне від одного відповідно до тесту Тьюкі ($P < 0,05$) з поправкою Бонферонні

Зважаючи на зміну клімату, системи обробітку ґрунту також досліджуються щодо регулювання температури ґрунту, особливо на глибину

закладення насіння [339]. Різні прийоми обробітку найбільш безпосередньо впливають на поверхневий покрив пожнивних решток, а отже, і на температуру ґрунту на глибині загортання насіння (6–8 см).

Прискорене прогрівання навесні спостерігалось в відкритому ґрунті при оранці, тоді як покриття поверхні пожнивними рештками, залишеними при мінімальному та нульовому обробітку, супроводжувалося повільнішим прогріванням ґрунту (табл. 5.16). Це зберігалось на початкових етапах розвитку культури (ВВСН 00–15), коли температура ґрунту на глибині закладення насіння при нульовому обробітку була на 1,2°C нижчою порівняно з оранкою. На початкових фазах росту та розвитку кукурудзи майже не було різниці в температурі ґрунту між чизельним і дисковим обробітком.

Таблиця 5.16

Вплив прийомів обробітку ґрунту на середньодобову температуру на глибині розміщення насіння кукурудзи 6–8 см, °C (2019–2021 рр., $\bar{x} \pm SD$, $n=16$)

Розвиток кукурудзи за шкалою ВВСН	Обробіток ґрунту			
	Оранка	чизельний	дисковий	No-till
00	11,4 ± 0,3 ^{a*}	11,1 ± 0,3 ^a	11,0 ± 0,3 ^a	10,2 ± 0,2 ^b
05	13,3 ± 0,4 ^a	12,6 ± 0,3 ^a	12,5 ± 0,3 ^{ab}	11,7 ± 0,3 ^b
10	15,8 ± 0,4 ^a	14,9 ± 0,4 ^a	14,7 ± 0,4 ^{ab}	14,0 ± 0,4 ^b
15	19,3 ± 0,4 ^a	18,7 ± 0,4 ^{ab}	18,7 ± 0,4 ^{ab}	18,0 ± 1,4 ^b

Примітка: різні літери позначають значення, які значно відрізняються одне від одного відповідно до тесту Тьюкі ($P < 0,05$) з поправкою Бонферонні

Схоже, що мульчування рослинними залишками, що захищає ґрунт від дощових крапель, утворення кірки на поверхні і пов'язаних з цим стоків і ерозії, а також збільшує інфільтрацію і накопичення вологи в ґрунті, має і зворотну сторону: значно сповільнюється проростання сільськогосподарських культур [442] і підвищується ризик виникнення ущільнення ґрунту [413].

Польові експерименти показують, що різні системи обробітку створюють особливі умови для проростання насіння кукурудзи. Більш значна різниця між лабораторною та польовою схожістю гібриду кукурудзи Хортиця (табл. 5.17) вказує на ймовірні зв'язки та принаймні одну з основних причин розриву між генетичним потенціалом та польовими показниками.

Таблиця 5.17

Вплив основного обробітку ґрунту та гербіциду на схожість насіння кукурудзи, % (середнє за 2019–2021 рр., $\bar{x} \pm SD$, $n=16$)

Показники	Обробіток ґрунту			
	Оранка	чизельний	дисковий	No-till
Лабораторна схожість	99,1 $\pm$ 1,2			
Холодний метод пророщування	89,3 $\pm$ 1,3			
Польова схожість без гербіциду	85,6 $\pm$ 1,2 ^a	82,3 $\pm$ 1,3 ^{ab}	81,0 $\pm$ 1,3 ^{ab}	77,8 $\pm$ 1,3 ^b
Польова схожість з гербіцидом Primextra TZGold	86,0 $\pm$ 1,3 ^a	82,9 $\pm$ 1,2 ^{ab}	81,0 $\pm$ 1,3 ^{ab}	78,1 $\pm$ 1,3 ^b

Примітка: різні літери позначають значення, які значно відрізняються одне від одного відповідно до тесту Тьюкі ($P < 0,05$) з поправкою Бонферонні

Про високу життєздатність насіння та збереження генетичного потенціалу свідчить лабораторна схожість, яка досягла максимального значення 99 %, але за нижньої межі оптимальної температури для проростання (10 °С, тобто «холодний метод пророщування») ріст пригнічується і рівень проростання становив лише 89 %. Найбільш сприятливі умови для проростання насіння в полі були під впливом оранки, де польова схожість становила 85,6 %, за мінімального і нульового обробітку схожість знизилася до 77,8–82,3 %. Застосування передпосівного гербіциду не вплинуло на показники схожості, різниця польової схожості з гербіцидом і без нього становила 0,3–0,6 %.

На всіх етапах росту та розвитку кукурудзи мінімізація обробітку ґрунту знижувала висоту рослин, площу листків, кількість качанів на 100 рослин і масу 1000 зерен (табл. 5.18). Уже у фазі 7–8 листків при оранці кукурудза була на 3,0–4,9 см вище рослин за мінімального обробітку і після завершення лінійного росту кукурудза досягла площі листків 23,6 тис. м²/га після оранки порівняно з 22,7 тис. м²/га за нульового обробітку.

Врожайність зерна (табл. 5.19) по роках була різною. Максимальна врожайність 8,56 т/га була досягнута при оранці у 2021 році завдяки сприятливій погоді, яка підвищила врожайність за всіх систем обробітку ґрунту.

Таблиця 5.18

Вплив обробітку ґрунту на морфобіологічні характеристики кукурудзи
(середнє за 2019–2021 рр., $\bar{x} \pm SD$, $n=16$)

Показники	Обробіток ґрунту			
	Оранка	чизельний	дисковий	No-till
Висота рослин, см (ВВСН 17–18)	74,4 $\pm$ 1,3 ^{a*}	71,1 $\pm$ 1,3 ^{ab}	70,6 $\pm$ 1,3 ^{ab}	69,5 $\pm$ 1,3 ^b
Висота рослин, см (ВВСН 67–69)	234,3 $\pm$ 1,5 ^a	232,1 $\pm$ 1,5 ^a	230,5 $\pm$ 1,5 ^{ab}	226,9 $\pm$ 1,5 ^b
Площа листкової поверхні, тис. м ² /га (ВВСН 17–18)	9,3 $\pm$ 0,2 ^a	8,2 $\pm$ 0,3 ^{ab}	8,0 $\pm$ 0,2 ^{ab}	7,6 $\pm$ 0,3 ^b
Площа листкової поверхні, тис. м ² /га (ВВСН 67–69)	23,6 $\pm$ 0,4 ^a	23,2 $\pm$ 0,3 ^a	23,0 $\pm$ 0,3 ^a	22,7 $\pm$ 0,3 ^b
Кількість качанів на 100 рослин, шт	107,8 $\pm$ 0,7 ^a	104,3 $\pm$ 0,8 ^{ab}	103,1 $\pm$ 0,7 ^{ab}	102,2 $\pm$ 0,8 ^b
Маса 1000 зерен, г	316,1 $\pm$ 1,3 ^a	312,4 $\pm$ 1,4 ^{ab}	310,3 $\pm$ 1,4 ^{ab}	307,6 $\pm$ 1,3 ^b

Примітка: різні літери позначають значення, які значно відрізняються одне від одного відповідно до тесту Тьюкі ($P < 0,05$) з поправкою Бонферонні

Мінімальна врожайність 4,92 т/га була отримана в 2020 році за нульового обробітку, кількість опадів нижче середньої, що вплинуло на врожайність за всіх систем обробітку ґрунту.

Таблиця 5.19

Урожайність зерна кукурудзи залежно від різних прийомів основного обробітку ґрунту, т/га (середнє за 2019–2021 рр., $\bar{x} \pm SD$, $n=8$)

Роки (фактор А)	Обробіток ґрунту (фактор В)			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
2019	6,59 $\pm$ 0,13 ^b	6,16 $\pm$ 0,12 ^{bc}	5,58 $\pm$ 0,12 ^c	5,44 $\pm$ 0,12 ^c
2020	5,83 $\pm$ 0,12 ^{bc}	5,37 $\pm$ 0,11 ^c	5,06 $\pm$ 0,11 ^{cd}	4,92 $\pm$ 0,12 ^{cd}
2021	8,56 $\pm$ 0,14 ^a	8,34 $\pm$ 0,14 ^a	8,18 $\pm$ 0,13 ^{ab}	7,96 $\pm$ 0,13 ^{ab}
Середнє	6,99	6,62	6,27	6,11
НІР ₀₅ , т/га				
Для фактору А	0,09			
Для фактору В	0,12			
Взаємодія АВ	0,13			

Примітка: різні літери позначають значення, які значно відрізняються одне від одного відповідно до тесту Тьюкі ($P < 0,05$) з поправкою Бонферонні

У середньому мінімізація обробітку ґрунту призвела до зниження врожайності: оранка та чизельний обробіток підтримували стабільну

врожайність зерна кукурудзи на рівні 6,99–6,62 т/га, дискування та нульовий обробіток регулярно відставали на 0,35–0,88 т/га.

Наші дані показують статистично достовірну, хоча й невелику реакцію культури на різні системи обробітку ґрунту, особливо чутливої до температури ґрунту була реакція кукурудзи.

Таким чином, за різних систем обробітку ґрунту оранка концентрує 78 % пожнивних решток у 20–30 см шарі ґрунту; мінімальний і нульовий обробіток залишає 67–97 % пожнивних решток на поверхні 0–10 см шарі. Поверхнєве покриття рослинними рештками при мінімальному обробітку та без обробітку уповільнює швидкість прогрівання ґрунту навесні, що знижує схожість кукурудзи та її ріст протягом усього сезону, що призводить до недобору врожаю на 0,37–0,88 т/га порівняно з оранкою.

5.7. Диференціація технологій вирощування сільськогосподарських культур залежно від ресурсного забезпечення

Як і будь-який біологічний організм, який проходить стадію диференціації морфологічних елементів і функцій, організаційно-технологічна система в окремих її механізмах повинна мати своє специфічне визначення, призначення та ідентифікуватися за комплексом ознак, які виділяють її серед інших [16, 29, 135, 177, 168, 456].

Наведення конструктивного упорядкування у цій важливій сфері доцільно розпочинати з визначення базових принципів, вихідних позицій, які найбільш чітко характеризують ознаки і впізнаваність технологій серед інших еколого-матеріальних факторів, що складають технологію.

Технології є вершиною в практичному землеробстві і уособлюють в собі всі досягнення інноваційного розвитку, які відносяться до систем обробітку ґрунту, добрив, захисту рослин. Тому зовсім несправедливо, коли елементи цілого мають свою систематику, а ціле (технології) залишається зоною невизначеності в термінологічному аспекті.

Для того, щоб всебічно врахувати всі особливості технологій та відобразити все їх різноманіття, необхідно покласти в основу класифікації найбільш значимі технологічні процеси та методи оцінки їх ефективності, а також межу, яка відрізняє одне визначення від іншого.

З усього існуючого комплексу факторів найбільш яскраво технології вирощування ідентифікуються за еколого-економічними показниками, представленими в наведеній таблиці 5.20.

Технології вирощування просапних та суцільного способу сівби сільськогосподарських культур як класифікаційна номенклатура набувають все більшої актуальності у зв'язку з крупними структурними змінами в системі землеробства. Якщо 30 років тому просапні культури займали 15–20 % в структурі посівних площ, то на сьогодні 40% і більше. За умов інтенсивного землеробства подібна технологічна перебудова супроводжується значними екологічними деформаціями біогеоценотичної бази середовища. По суті справи це різні схеми розміщення рослин на поверхні поля, проективне покриття, відкрита поверхня випаровування вологи, сівалки, інтенсивність механічного впливу на ґрунт, протиерозійна здатність, фітоценотична стійкість посівів, ступінь забур'яненості, реакція на потенційну засміченість, тривалість вегетаційного періоду, біоенергетична динаміка.

Технології вирощування просапних культур в організаційно-операційному плані передбачають проведення міжрядного обробітку посівів протягом перших 30–60 діб вегетації культури за наявності можливості механічного впливу на ґрунт на 30–80 % поверхні поля.

Технології суцільного способу сівби виключають проведення міжрядного механічного обробітку ґрунту під час вегетації культур і покладають частину екологічних завдань на агрофітоценотичний потенціал посівів.

Основний обробіток в результаті значних відмінностей щодо особливостей механічного переміщення ґрунту залишається фактором комплектування принципово різних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Тому принцип класифікації агротехнологій, побудований на ексклюзивності

окремих прийомів основного обробітку ґрунту, має повне право на назву, яка базується на термінології цього способу механічного обробітку.

Таблиця 5.20

Еколого-економічні завдання і класифікація технологій
вирощування зернових культур

Базові принципи комплектування технологій	Термінологія визначення технологій
Рівень проективного покриття поля сільськогосподарськими культурами	Просапні – суцільної сівби
Прийом обробітку ґрунту	Мінімальна – ґрунтозахисна – мульчувальна – традиційна – No-till
Використання добрив і регулювання родючості	Біологічна – органічна – нормативна
Рівень хімічного захисту рослин	Екологічнобезпечна – пестицидна – малогербіцидна
Витрати ресурсів	Ресурсозберігаюча – інтенсивна
Енергетичний рівень	Енергозбережна – енергонасичена
Природоохоронні функції	Консервуюча – вологозберігаюча – протиерозійна
Біологічні особливості сортів і гібридів	Сортоадаптивні

Серед технологій, які базуються в класифікаційній сітці на основному обробітку ґрунту, слід виділити традиційну, мінімальну, ґрунтозахисну, мульчувальну, No-till.

Традиційна технологія включає оранку з глибиною розпушення не менше 60 % глибини орного шару ґрунту, тобто 15–18 см.

Мінімальна технологія передбачає зменшення сумарного об'єму переміщення ґрунту в процесі технологічного циклу вирощування культур за рахунок скорочення кількості і глибини обробітку не менше ніж на 70 %.

Ґрунтозахисна технологія основну відмінність має за рахунок системи обробітку ґрунту, яка виключає обертання скиби і залишає ґрунтовий профіль без перемішування шарів ґрунту та залишає на поверхні 70–80 % рослинних рештків попередника.

Мульчувальна технологія характеризується наявністю на поверхні поля не менше 80% рослинних рештків після збирання попередника у подрібненому або стерньовому вигляді, еквівалентно 2–5 т/га органічної маси, яка зберігається на всіх етапах сільськогосподарських робіт і вегетації.

No-till технологія є найбільш радикальним комплексом, оскільки максимальний вплив ґрунтообробних органів полягає в розпушенні зони розміщення насіння сільськогосподарських культур, тобто тільки 2–5 % від об'єму орного шару.

Головне завдання нової класифікації – перейти від теоретичних узагальнюючих понять до конкретного операційного змісту, від сплетіння технологічних синонімів до реальної межі щодо різниці між ними.

Система добрив – як елемент національної аграрної політики, теоретичні основи живлення рослин, види органічних і мінеральних добрив і способів їх застосування знаходиться на стадії кардинальних змін, пов'язаних з економічним станом і екологічними вимогами до середовища та якості продукції. У форматі даної ситуації доцільно виділити біологічну, органічну та мінеральну технології, які відображають якість удобрення та його композитарний склад.

Біологічна технологія будується на вирощуванні в сівозмінах культур з високою акумулятивною здатністю поживних речовин у ґрунті (бобові) та використанні сидератів, які забезпечують частку елементів живлення для культур, що вирощуються, не менше 70 % від загальної потреби.

Органічна технологія є часткою загальної екологічної тенденції в землеробстві і являє собою поживний блок, який в системі удобрення за балансом поживних елементів більше ніж на 50% складається з органічних добрив у вигляді гною тваринного походження та різних форм побічної органічної маси сільськогосподарських культур.

Мінеральна технологія регулює поживний режим за рахунок використання мінеральних добрив, які в складі загального надходження в ґрунт займають не менше 80 %.

Ексклюзив цієї класифікації технологій вирощування польових культур полягає в тому, що тут вперше застосований принцип балансу поживних речовин, які надходять з різних форм органічних і мінеральних добрив.

Практично всі технологічні фактори в землеробстві ведуть до розбалансування екологічної рівноваги, але хімічні засоби захисту рослин є найбільш небезпечним елементом прямої дії як з раптовим, так і пролонгованим негативним впливом на всі живі об'єкти. Актуальність цієї проблеми зростає одночасно із збільшенням обсягів застосування пестицидів на посівах сільськогосподарських культур.

Пестицидна технологія, як правило, застосовується у випадках високої загрози розповсюдження шкідливих об'єктів, при значних недоліках в системі агротехнологічних заходів та мобілізації потенціалу високопродуктивних сортів сільськогосподарських культур. При цьому обсяги застосування пестицидів становлять не менше 80 % від рекомендованих в технологічному циклі вирощування сільськогосподарських культур.

Екологічно безпечна технологія відноситься до такого комплексу хімічних заходів, в якому з номінального набору процесів застосування пестицидів хімічні обробки проводяться не більше ніж у 20% випадків.

Основним методом екологізації тут є добір культур в сівозміні з віддаленими біологічними властивостями і з відсутністю перехресної загрози ураження шкідниками і хворобами, а також посилення фітосанітарної функції агротехнічних прийомів.

Малогербіцидна технологія спрямована на скорочення обсягів використання гербіцидів понад 40 % від встановлених норм завдяки зменшенню оброблюваної площі поля і дози внесення препаратів та посилення навантаження на агротехнічні прийоми обробітку ґрунту та впровадження парових полів.

Ресурсовитратність є найбільш інтегрованим з показників класифікаційних ознак технологій, оскільки дає можливість відобразити комплекс технологічних елементів у вартісному аспекті. На основі вартості прямих витрат і засобів виробництва, що складають технологію вирощування

сільськогосподарських культур, з'являється можливість чітко визначити інтенсивність та рівень економії ресурсів.

Інтенсивні технології спрямовані на максимальну мобілізацію кліматичних, ґрунтових та сортових ресурсів за рахунок обробітку ґрунту, добрив, пестицидів, пального, техніки. Тобто в технологічному ланцюзі всі ці виробничі ресурси і прийоми застосовуються з найбільшою віддачою від агроценозів за урожайними показниками і найефективнішим подоланням негативних факторів, які стримують зростання продуктивності.

Інтенсивні технології – це комплекс заходів, який на 100 % включає рекомендовані агротехнологічні операції. Враховуючи високе навантаження на екологічне середовище, родючість ґрунтів, небезпеку забруднення і токсичність біогеоценозів, надмірну витратність технологій, вони можуть впроваджуватися на площі до 40% від решти їх класифікаційних позицій.

Ресурсозберігаюча технологія набуває свого класифікаційного статусу, коли сумарні виробничі витрати за повний агроекологічний цикл скорочуються не менше ніж на 20 % відносно інтенсивної технології вирощування сільськогосподарських культур. Як правило, така економізація досягається шляхом мінімалізації обробітку ґрунту, цільової локалізації внесення добрив, скорочення обсягів хімічної обробки посівів, моніторингового характеру виконання технологічних операцій.

Оцінка агротехнологій з точки зору витрат сукупної енергії є одним з найактуальніших методів управління ефективністю виробництва продукції землеробства.

Оскільки в діяльності людства енергетичний баланс запасних і відновлюваних її ресурсів є найбільш актуальним питанням, то і в агросфері цей глобальний показник залишається найбільш об'єктивним, до якого як до універсального знаменника легко привести будь-який виробничий і природний ресурс енергетичної роботи сонця, нафти, вугілля, газу, ґрунту і рослин, з високим рівнем корелятивної конвертації, та відкриває можливість одержання

найбільш об'єктивної інформації про стан і напрямок трансформації агробіосистем.

Енергонасичені технології представляють собою повний набір технологічних операцій і засобів виробництва, які рекомендуються для різних сільськогосподарських культур, з приведенням їх у енергетичні показники за допомогою відповідних енергетичних еквівалентів. При цьому до енергонасиченої відносяться ті категорії агротехнологій, які витрачають більше 80% сукупної енергії від повністю укомплектованої поопераційно і за набором засобів регулювання режимів життєзабезпечення рослин.

Енергозберігаючою вважається технологія, яка забезпечує скорочення енергетичних витрат на повний виробничий цикл не менше 20 % порівняно з рекомендованою (енергонасиченою).

В технології вирощування сільськогосподарських культур найбільш енергомісткими є мінеральні добрива і пальне, які в структурі енергетичних витрат становлять до 65 %. Тому для того, щоб знизити витрати до рівня енергонасиченої технології, необхідно зменшити обсяги використання мінеральних добрив і пального на 30 %. Звичайно, що енергозбереження можна здійснювати і за рахунок інших елементів технології. З розвитком агротехнологій в напрямку модернізації способів і процесів вирощування, застосування нових хімічних речовин, сівозмінного навантаження на агробіоценози та використання потужної техніки посилюється актуальність проблеми створення ефективної протидії процесам деградації природного стану агросфери. Природоохоронні функції технологій вирощування сільськогосподарських культур полягають перш за все у збереженні родючості на основі принципів її консервації і методів дозованого використання, ефективного вологорегулювання за рахунок балансу накопичення і раціонального витрачання води агроценозами та попередження розвитку ерозійних процесів, збереження первинних ландшафтів.

Консервуюча технологія забезпечує позитивний баланс комплексу показників якості ґрунтів на основі стримування використання енергетичних

ресурсів агробіоценозів, акумуляції органічної речовини агроценотичного походження і вологи та збереження повнопрофільності ґрунтів в зоні активної дії водної і вітрової ерозії на складних ландшафтах. Консервуюча технологія – це сукупність прийомів глибокого і мілкового обробітку ґрунту, запобігання інтенсивній мінералізації органіки, висока водовбирна здатність, стабілізація деформації ґрунту за рахунок рослинної мульчі.

Вологозберігаюча технологія ставить завдання досягнення ефективного використання вологоресурсів посівами сільськогосподарських культур за рахунок накопичення вологи в ґрунті протягом сезонних циклів польових робіт та росту і розвитку рослин, попередження фізичних втрат на випаровування і змив з ерозійнонебезпечної поверхні, створення функціонально здорових агроценозів та усунення факторів біологічних конкурентів (бур'янів) за доступні запаси води у будь-якій кліматичній зоні.

Важливо, що запропоноване визначення вологозберігаючої технології є більш широким за комплексом формуючих факторів, ніж традиційне, яке не включає фізіологічний стан сільськогосподарських рослин. Виходячи з цього, до категорії вологозберігаючих слід відносити ті технології, в яких на формування тонни зерна витрачається не більше 500 м³ води.

Протиерозійні технології – це технології, в яких послідовне виконання технологічних операцій з обробітку ґрунту, формування фітоценотичної щільності посівів, створення мульчувального екрану, внесення добрив, проведення заходів контролювання бур'янів та збирання урожаю спрямоване на попередження розвитку ерозії. Контролювання стабільності вирівняності поверхні поля, зменшення змиву ґрунту і стоку води здійснюється шляхом створення мульчувального екрану, посилення вологовбирної здатності орного шару, освоєння системи сівозмін та контурного руху по полю сільськогосподарських агрегатів. За показниками фізичного прояву ерозії до протиерозійних технологій слід віднести ті, які забезпечують зниження змиву ґрунту не більше ніж 3,5 т/га та акумулюють в ґрунті не менше 80% вологи опадів.

Невід'ємною частиною специфіки технологій є біологічний фактор, тобто особливості сортів і гібридів сільськогосподарських культур. Корегування стандартних технологій відносно окремих сортів набуло значної актуальності у зв'язку з успіхами селекції і суттєвим зростанням кількості сортів по окремих культурах від 300 до 1100 генотипів. Різниця технологічного забезпечення окремих сортів полягає у відмінності тривалості вегетації, стійкості до хвороб і шкідників, фітоценотичній конкурентоздатності, реакції на рівень живлення, попередники, способи основного обробітку ґрунту та збирання урожаю.

Сортоадаптивні технології, тобто способи вирощування окремих сортів в межах однієї сільськогосподарської культури, які мають свої технологічні особливості, слід розглядати і відокремлювати від рекомендованого стандарту у випадку, коли строки сівби і збирання врожаю зміщуються не менше як на 10 діб, змінюються обсяги застосування пестицидів і добрив більш ніж на 15 %, спостерігається стійка реакція сорту за урожайністю на попередники і мінімізацію обробітку ґрунту.

Таким чином, запропонована система класифікації технологій вирощування сільськогосподарських культур відповідає новітнім змінам засобів виробництва у землеробстві, вперше поряд з експлуатаційними завданнями поєднує екологічні функції сільського господарства, дозволяє провести чіткі фізичні контури між різними технологіями, може бути використана в навчальних програмах та стати важливим елементом в аграрній науці і практиці.

Висновки до розділу 5

Методика розширеного аналізу ефективності мінеральних добрив на основі оцінки урожайності культур сівозміни, її приросту залежно від факторів землеробства та фізичної окупності поживних елементів показала, що ефективність добрив залежить від індивідуальної реакції окремих культур, прийомів основного обробітку та водно-фізичних властивостей ґрунту.

В 5-пільній сівозміні з вивчення тривалого впливу мінеральних добрив, прийомів основного обробітку ґрунту на вміст основних елементів в чорноземі

звичайному показало, що агрохімічні показники знаходились під комплексним впливом організаційних і технологічних прийомів. Систематичне внесення мінеральних добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ під основні культури сівозміни супроводжувалось зростанням вмісту азоту, фосфору і калію на всіх фонах основного обробітку ґрунту в кожному з полів зерно-паро-просапної сівозміни. Вирощування сільськогосподарських культур в сівозміні без компенсації виносу поживних речовин урожаєм приводить до зниження вмісту основних елементів живлення в ґрунті на 9–30%. Збільшення тривалості незмінного використання безполицевих прийомів обробітку ґрунту викликає посилення диференціації орного шару за агрохімічними параметрами з підвищенням концентрації у верхньому шарі ріллі. При значній мінливості показників вмісту азоту, фосфору і калію в ґрунті під впливом комплексу агротехнологічних заходів чорнозем звичайний відрізнявся достатньо високою буферністю і здатністю підтримувати високий рівень урожайності культур в сівозміні.

Орний шар ґрунту чорнозему за умов акумуляції біорешток продуктованих сільськогосподарськими культурами забезпечує стійку тенденцію до зростання вмісту гумусу при широкому спектрі агротехнологічних модифікацій. Розподіл надземних біорешток та відмерлої кореневої системи рослин в орному шарі ґрунту відбувався таким чином, що зростання показників вмісту гумусу спостерігалось по всьому профілю ріллі. Найбільш активно процеси гуміфікації проходили у верхньому 0–10 см шарі, де вміст гумусу зростав до 4,45–4,70 %. В менш активному 0–30 см шарі за період досліджень гумус також зростав до 4,05–4,08 % як на фоні оранки, так і мілкового обробітку.

Біологічна активність ґрунту є похідним чинником, який різною мірою залежить від особливостей технології вирощування культур сівозміни, наявності в чорноземі органічної речовини рослинних решток, рівня ущільнення орного шару та прийомів основного обробітку. Застосування глибокої оранки завдяки створенню сприятливих умов для розповсюдження кореневої системи сільськогосподарських культур в ґрунті, достатній аерації і поліпшенню водно-

фізичних властивостей забезпечують максимальну біологічну активність ґрунтової біоти під всіма культурами сівозміни.

Запропонована методологія системного аналізу щодо оцінки попередників відкриває більш широкі можливості для формування адаптованих сівозмін, оптимізувати набір культур під ринкові вимоги, вносити важливі корективи у сівозміни в екстремальних умовах, регулювати продуктивність сівозмін з урахуванням агротехнологічної модернізації.

На всіх етапах росту та розвитку кукурудзи мінімізація обробітку ґрунту знижувала висоту рослин, площу листків, кількість качанів на 100 рослин і масу 1000 зерен. Уже у фазі 7–8 листків при оранці кукурудза була на 3,0–4,9 см вище рослин за мінімального обробітку і після завершення лінійного росту кукурудза досягла площі листків 23,6 тис. м²/га після оранки порівняно з 22,7 тис. м²/га за нульового обробітку. У середньому мінімізація обробітку ґрунту призвела до зниження врожайності: оранка та чизельний обробіток підтримували стабільну врожайність зерна кукурудзи на рівні 6,99–6,62 т/га, дискування та нульовий обробіток регулярно відставали на 0,35–0,88 т/га.

Запропонована система класифікації технологій вирощування сільськогосподарських культур відповідає новітнім змінам засобів виробництва у землеробстві, вперше поряд з експлуатаційними завданнями поєднує екологічні функції сільського господарства, дозволяє провести чіткі фізичні контури між різними технологіями, може бути використана в навчальних програмах та стати важливим елементом в аграрній науці і практиці.

РОЗДІЛ 6

РЕЗУЛЬТАТИ ВИРОБНИЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ ВИКОРИСТАННЯ ЕКОТОПІВ СТЕПОВОЇ ЗОНИ

Головним завданням інноваційного розвитку землеробства на даному етапі освоєння адаптивних принципів його функціонування є систематизація і моделювання його елементів на основі впровадження наукової динаміки та сучасних технологічних розробок, які дозволяють суттєво підвищити рівень врожайності та якості сільськогосподарської продукції.

6.1. Ефективність прийомів основного обробітку ґрунту при вирощуванні соняшника

Досягнення високих темпів зростання виробництва зернової продукції в значній мірі залежить від рівня наукового забезпечення галузі зерновиробництва, що пов'язано з недостатніми темпами освоєння нових короткоротаційних сівозмін, прийомів основного обробітку ґрунту, формування ерозійностійких сільськогосподарських ландшафтів та моделювання ґрунтозахисного блоку в системі землеробства зони Степу [69, 55, 192, 203, 274].

Посилаючись на високу науковість даної проблеми, існуючі протиріччя в комплексі завдань щодо регулювання і оптимізації таких напрямків стабілізації як зростання виробничих показників, ефективне використання засобів виробництва в землеробстві, вирішення актуальних проблем збереження ґрунтів і навколишнього середовища, зниження антропогенного тиску на екологічні об'єкти.

Одним з найбільш енерговитратних елементів в землеробстві степової зони залишається обробіток ґрунту, тому на сучасному етапі його розвитку найбільш актуальною залишається проблема мінімалізації обробітку за рахунок зменшення глибини розпушення, частоти проведення ґрунтообробних операцій

та використання рослинних рештків культур сівозміни для підтримання балансу гумусу в системі.

Актуальність вивчення основного обробітку ґрунту невпинно зростає з одного боку в зв'язку з деградацією ґрунтів, втратою їх оптимальних агрофізичних параметрів, підвищення ступеня забур'яненості посівів, погіршення водного режимів в агрофітоценозах, а з іншого внаслідок гострої необхідності диференціації системи основного обробітку ґрунту на фоні суттєвого збільшення асортименту знарядь обробітку ґрунту та їх практичного освоєння в ґрунтозахисних та енергозберігаючих моделях землеробства.

В даному випадку слід звернути увагу на те, що значні зміни в системі основного обробітку ґрунту відбуваються внаслідок трансформації структури посівних площ оскільки окремі сільськогосподарські культури відрізняються між собою за специфікою реакції на агросистемні зміни на фоні різних прийомів обробітку.

Для проведення виробничої перевірки та підтвердження відповідальності одержаних результатів науковим рекомендаціям, які базуються на вивчені ефективності основного обробітку ґрунту при вирощуванні соняшника в польових дослідках виробничий експеримент було проведено в фермерському господарстві «Фенікс Агро» Синельниківського району Дніпропетровського області (додаток И.7).

За гідрометеорологічним, ґрунтовими характеристиками, а також за рівнем технологічного розвитку на виробничих полях дане фермерське господарство належить до типових представників даного регіону і дозволяє розповсюджувати свій агрономічний і виробничий дослід для північно-східної степової зони України.

За комплексом показників, що характеризують ґрунтовий покрив чорнозему звичайного середньопотужного малогумусного повнопрофільного його потенціал родючості дозволяє регулярно вирощувати високі врожаї сільськогосподарських культур.

Це підтверджує середні показники балу бонітету 62–69 та показники вмісту гумусу (за Тюріним) в орному шарі (0–30 см) в межах 3,1–3,3 %, нітратного азоту –22,3–25,7 мг/кг, рухомого фосфору – 128 мг/кг, обмінного калію – 231 мг/кг ґрунту. Реакція ґрунтового розчину – 7,1. На фоні достатнього високих температур повітря липень (22,8 °C) сума щорічних опадів в районі виробничого експерименту становить 485 мм [2, 7, 125].

Гідротермічні умови в роки проведення польових досліджень 2021–2023 рр. характеризувалися достатньо сприятливим температурним режимом та забезпеченням вологою (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Гідротермічні умови у виробничому досліді за вегетаційний період соняшника, °C (за даними Синельниківської метеостанції)

Рік/місяць	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень
Середньомісячна температура повітря, °C					
2021	8,1	18,9	21,7	23,1	21,9
2022	7,9	18,1	21,8	22,9	21,2
2023	10,8	18,8	21,2	22,7	21,7
Середньо-багаторічна	10,9	18,4	21,0	22,4	21,5
Кількість опадів за місяць, мм					
2021	42,6	40,1	38,9	44,6	40,2
2022	47,2	39,1	30,2	64,2	47,2
2023	45,0	61,2	44,2	45,4	53,2
Середньо-багаторічна	31,8	35,2	37,4	46,5	42,7

Враховуючи актуальність проблеми збереження родючості ґрунтів для дослідження була вибрана схема, яка передбачала варіанти з використанням таких прийомів обробітку ґрунту та ґрунтообробних знарядь: оранка на глибину 23–25 см плуг Kverneland RN 100; глибоке чизельне розпушування на глибину 25–27 см агрегатом Artiglio 500; мілкий дисковий на глибину 10–12 см дисковою бороною БДВ-3.

В дослідях застосовували сучасні технічні засоби виробництва на проведенні сівби просапною сівалкою VESTA 8 PROFI, зернозбиральний комбайн Massey Ferguson, а також високо ефективний гербіцид Пріmekстра

TZGold 500S, к.с. (Металохлор, 312,5 г/л + Тербутилазин, 187,5 г/л) та високопродуктивний гібрид соняшнику ЛГ50510 компанії Лімагрейн, що дозволило своєчасно і якісно провести технологічні операції вирощування соняшника.

Як показав аналіз прийомів основного обробітку ґрунту вони виявилися ефективним заходом регулювання вологозапасів, контролювання ступеня забур'яненості, формування біометричних параметрів рослин соняшника та в цілому забезпечення високого рівня урожайності і економічної ефективності виробництва.

Найбільш широке уявлення про агрофізичний стан ґрунту в виробничому досліді залежно від прийомів вирощування соняшника надають нам експериментальні дані наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2

Залежність агрофізичних параметрів ґрунту від прийомів основного обробітку в шарі 0–30 см (середнє за 2021–2023 рр.)

Обробіток ґрунту		
Оранка на глибину 23–25 см	Чизель- глибокорозпушувач на глибину 25–27 см	Мілкий дисковий на глибину 10–12 см
Щільність складення ґрунту, г/см ³		
1,15/1,31*	1,19/1,32	1,22/1,35
Твердість ґрунту, кг/см ²		
7,8/36,4	9,1/38,7	11,4/42,1
Вологість ґрунту, %		
23,9/14,3	23,0/14,0	22,4/13,4
Доступні запаси вологи, мм		
45,6/9,1	45,0/8,6	43,9/8,2

* перед сівбою/повна стиглість

Як видно найбільше наближення показників твердості та щільності складення ґрунту до оптимальних параметрів на початку вегетації соняшника спостерігалось на фоні проведення оранки 7,8 кг/см² та 1,15 г/см³, відповідно. Важливо, що глибокий обробіток, як оранка так і чизелювання забезпечував поєднання стабільного розуцільнення ґрунту з пріоритетом накопичення більших запасів доступної вологи в ґрунті в 30-ти см шарі порівняно з дисковим обробітком на 1,1–1,6 мм (перед сівбою).

Вплив прийомів основного обробітку ґрунту на запаси доступної вологи розповсюджувався також на повний метровий профіль, що свідчить про важливу здатність розпушення чорнозему з точки зору накопичення вологи та водоспоживання.

На початку вегетаційного періоду соняшника оранка забезпечувала накопичення запасів доступної вологи в метровому шарі на рівні 162,2–167,3 мм (табл. 6.3). В той час, як на фоні мілкого дискування обсяги накопичення вологи становили 150,7–157,5 мм.

Таблиця 6.3

Залежність запасів доступної вологи в посівах соняшника від прийомів основного обробітку ґрунту (в шарі 0–100 см), мм

Розвиток соняшника за шкалою ВВСН	Прийом обробітку ґрунту								
	Оранка на глибину 23–25 см			Чизель- глибокорозпушувач на глибину 25–27 см			Мілкий дисковий на глибину 10–12 см		
	Роки								
	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
ВВСН 10–12	164,8	162,2	167,3	156,3	154,8	159,7	154,2	150,7	157,5
ВВСН 51–53	119,2	111,3	131,1	115,9	110,9	127,6	114,9	113,2	115,7
ВВСН 65–67	79,8	74,9	82,1	76,0	74,0	77,9	72,7	72,1	72,8
ВВСН 92–99	22,6	20,5	24,7	22,6	20,2	24,1	21,9	19,8	23,6

Про високий рівень вологоспоживання соняшника свідчать мінімальні запаси вологи на стадії розвитку ВВСН 92–99 (повна стиглість), які були вичерпані до рівня 19,8–24,7 мм. Важливо відмітити, що переваги, за показником продуктивних запасів вологи в метровому шарі ґрунту, глибокого полицевого та безполицевого обробітку спостерігалися протягом всіх фаз росту та розвитку соняшника.

Одна з найважливіший функцій основного обробітку ґрунту полягає в зниженні ступеня забур'яненості посівів соняшника. Обстеження виробничої дослідної ділянки показало, що фітоценоз бур'янів сформований на основі

найбільш шкодочинних видів, таких як: амброзія полинолиста, лобода біла, березка польова, щириця звичайна, осот рожевий, плоскуха звичайна, тонконіг однорічний, гірчак березковідний.

На фоні внесення ґрунтового гербіциду Пріме́кстра TZGold, к.с. на момент проведення міжрядного обробітку ступінь забур'яненості посівів соняшника не мав критичного значення для конкурентних відносин оскільки щільність бур'янів розміщувалася залежно від прийому обробітку ґрунту в межах 20,6–32,6 шт./м² (табл. 6.4)

Таблиця 6.4

Залежність ступеня забур'яненості посівів соняшника від заходів контролювання бур'янів в фазі 4–6 листків, шт./м² (середнє за 2021–2023 рр.)

Обробіток ґрунту	Кількість бур'янів, шт./м ²		
	малорічні	багаторічні	всього
Оранка на глибину 23–25 см	19,1	1,5	20,6
Чизель-глибокорозпушувач на глибину 25–27 см	23,5	2,8	26,3
Мілкий дисковий на глибину 10–12 см	28,9	3,7	32,6

До завершення вегетації і проведення збирання врожаю насіння соняшника ступінь забур'яненості посівів культури завдяки проведенню механічного догляду кількість бур'янів суттєво знизилася до рівня 6,7–12,6 шт./м². Як видно з таблиці 6.5 при цьому зберігався фітосанітарний пріоритет оранки на фоні якої зберіглося 6,7 шт./м² бур'янів, в той час як мілкий дисковий обробіток поступався в цьому компоненті – 13,4 шт./м².

У фітоценотичній структурі бур'янів, що розвивалися в посівах соняшника домінували малорічні види, хоча небезпеку, не в меншій мірі представляли багаторічні коренепаросткові агробіологічні види. Враховуючи агробіологічні особливості і своєрідність механічного впливу на ґрунт найбільшу небезпеку багаторічні форми представляли на фоні мілкового дискового обробітку на глибину 10–12 см – 1,7 шт./м².

Таблиця 6.5

Залежність ступеня забур'яненості посівів соняшника від прийомів контролювання бур'янів в фазі повної стиглості, шт./м²
(середнє за 2021–2023 рр.)

Обробіток ґрунту	Кількість бур'янів, шт./м ²		
	малорічні	багаторічні	всього
Оранка на глибину 23–25 см	6,6	0,1	6,7
Чизель-глибокорозпушувач на глибину 25–27 см	8,9	0,9	9,8
Мілкий дисковий на глибину 10–12 см	12,7	1,7	13,4

Найбільш об'єктивно шкодочинність бур'янів розраховується на основі використання такого показника забур'яненості, як повітряно-суха маса в грамах на м², тому що в результаті явища реверсії кількість бур'янів в посівах може давати суттєві відхилення від реальної картини рівня депресії культури (табл. 6.6).

Таблиця 6.6

Залежність повітряно-сухої маси забур'янів в посівів соняшника прийомів обробітку ґрунту в фазі повної стиглості, г/м²
(середнє за 2021–2023 рр.)

Обробіток ґрунту	Повітряно-суха маса бур'янів, г/м ²		
	малорічні	багаторічні	всього
Оранка на глибину 25–27 см	10,0	1,2	11,2
Чизель-глибокорозпушувач на глибину 25–27 см	16,1	2,4	18,5
Мілкий дисковий на глибину 10–12 см	20,5	4,1	24,6

Оскільки протягом років проведення виробничих дослідів з вивчення окремих елементів технології вирощування соняшника проходило без

екстремальних проявів погодних умов, то показник повітряно-сухої маси бур'янів носив закономірний характер, який не потребує внесення значних корективів в поняття шкодочинності. В діапазоні показників повітряно-сухої маси бур'янів в посівах соняшника максимальна біомаса всіх видів формувалася при проведенні мілкового дискового обробітку – 24,6 г/м², що перевищувало забур'яненість на фоні оранки на 13,4 г/м².

Аналіз формування урожайності маслону насіння соняшника під впливом комплексу агроприйомів та екологічних факторів дозволив оптимізувати технологію вирощування цієї культури на базі основного обробітку ґрунту, засобів хімічного контролювання бур'янів, покращення агрофізичних властивостей чорнозему. Найбільш яскраво поєднання наведених факторів і умов проявилось на варіанті з проведенням глибокого полицевого обробітку, що забезпечило одержання максимальної врожайності на рівні 3,25 т/га (табл. 6.7).

Таблиця 6.7

Залежність врожайності насіння соняшника від комплексу агротехнологічних заходів вирощування, т/га

Роки			
2021	2022	2023	середнє
оранка на глибину 23–25 см			
3,26	3,36	3,13	3,25
чизель-глибокорозпушувач на глибину 25–27 см			
3,02	3,13	2,89	3,01
мілкий дисковий на глибину 10–12 см			
2,72	2,85	2,61	2,73
НІР ₀₅ , т/га	0,11	0,09	0,10

Зменшення інтенсивності розпушування ґрунту при застосуванні чизельного розпушування на глибину 25–27 см комплекс екологічних факторів забезпечення росту і розвитку соняшника знаходився в стані незначної депресії, яка викликала зниження врожайності порівняно з оранкою на 0,25 т/га.

Однією з основних причин подальшого зниження врожайності соняшника на 0,52 т/га на фоні мілкового дискового обробітку виявилось погіршення агрофізичних параметрів ґрунту в результаті його ущільнення і ускладнення вологозабезпечення культури.

Завдяки ринковій пріоритетності соняшника економічні показники його вирощування фактично при всіх адаптивних технологіях створюють умови для покращення фінансового забезпечення за рахунок високої динаміки рентабельності виробництва та прибутковості. Тобто вирішальним фактором досягнення високих економічних показників в комплексі витратних механізмів належить ринковій цінності олійної культури, яка відкриває широкий простір для впровадження різних агротехнологічних модифікацій. Не дивлячись на те, що впровадження глибокої оранки супроводжується деяким зростанням виробничих витрат одержана продукція маслонасіння є достатньою для того щоб забезпечити максимальні показники рентабельності виробництва на рівні 131,3 % (табл. 6.8).

Таблиця 6.8

Залежність економічних показників вирощування соняшника від комплексу агротехнологічних заходів (середнє за 2021–2023 рр.)

Варіант	Врожай-ність, т/га	Валова вартість продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Собівар-тість 1 тони зерна, грн	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рента-бельнос-ті, %
Оранка на глибину 23–25 см	3,25	35750,0	15454,5	4755,2	20295,5	131,3
Чизель-глибокорозпущувач на глибину 25–27 см	3,01	33110,0	14989,0	4979,7	18121,0	120,9
Мілкий дисковий на глибину 10–12 см	2,73	30030,0	14765,1	5408,5	15264,9	103,4

Слід звернути увагу на той факт, що навіть за широкого діапазону технологічних варіантів таких, як оранка, чизельний та мілкий дисковий обробіток рентабельність у виробничому досліді утримувалася в межах 131,3–103,4%, що є ефективним для ведення господарської діяльності.

Таким чином, нашими дослідженнями встановлено, що в умовах фермерського господарства «Фенікс Агро» Синельниківського району Дніпропетровської області, з недостатнім рівнем вологозабезпечення, найвищу

продуктивність маслонасіння сформувало вирощування високопродуктивного гібриду соняшника ЛГ 50510 при використанні оранки на глибину 23–25 см та глибокого безполицевого чизельного розпушення ґрунту на глибину 25–27 см, яке дозволило досягти максимальної врожайності насіння у виробничому досліді в межах 3,01–3,25 т/га та вивести на високий рівень рентабельність виробництва 120,9–131,3 %.

6.2. Ефективність прийомів основного обробітку ґрунту та контролювання бур'янів при вирощуванні соняшника

Недивлячись на те, що соняшник є пріоритетною культурою з високою зацікавленості ринку у споживанні маслонасіння, в цій галузі продовжують зберігатися актуальні проблеми, які потребують свого негайного вирішення. В першу чергу актуальним у сфері наукових розробок покращення фітосанітарного стану, раціонального використання вологоресурсів, збереження родючості ґрунтів, підтримання високого рівня врожайності насіння і рентабельності виробництва [113, 128, 180, 297, 352].

З метою вирішення групи актуальних питань з вирощування соняшника нами було поставлене завдання дослідити ефективність прийомів основного обробітку ґрунту, провести добір найбільш адаптованих гербіцидів до фітотоксичного спектру фітоценозу бур'янів та подолати існуючий дефіцит вологоресурсів в степовій зоні. Для цього в досліді вивчалися основний обробіток ґрунту такий, як оранка плугом ПО-3-35 на глибину 23–25 см та мілкий дисковий обробіток важкою бороною БДВ-3 на глибину 10–12 см, та гербіциди нового покоління – Аспект Про 533 SC, к.с. (тербутилазин, 333 г/л + флуфенацет, 200 г/л) в нормі 2,2 л/га, Євро-Лайтнінг Плюс, р.к. (Імазапір, 7,5 г/л, Імазамокс, 16,5 г/л) в нормі 2,0 л/га, Геліантекс, к.с. в нормі 0,045 л/га + ПАР Віволт. В досліді вирощували новий високопродуктивний гібрид соняшника СИ Дієго КЛП (рекомендований під систему Clearfield Plus) оригінатор компанія Сингента. Всі технологічні операції в досліді згідно прийнятої схеми

проводилися відповідно до існуючих зональних регламентів вирощування соняшника.

В процесі проведення досліджень протягом 2021–2023 рр. в умовах фермерського господарства «ОЛІМП-2012» Петрівського району Кіровоградської області погодні умови склалися характерними для степової зони і були сприятливі за гідротермічними умовами для одержання високого рівня врожайності насіння соняшнику (додаток И.6).

Графічне зображення сезонної динаміки запасів доступної води в ґрунті розкрило важливу особливість накопичення і витрат води за період від збирання попередника соняшника до завершення його вегетації і збирання врожаю насіння. За цей тривалий період перепади показників запасів доступної води в ґрунті в 0–150 см шарі, як видно з рисунку 6.1 мали дуже широку амплітуду з мінімуму вологозабезпечення після збирання попередника 37–39 мм до 183–196 мм на початку сіви соняшника.

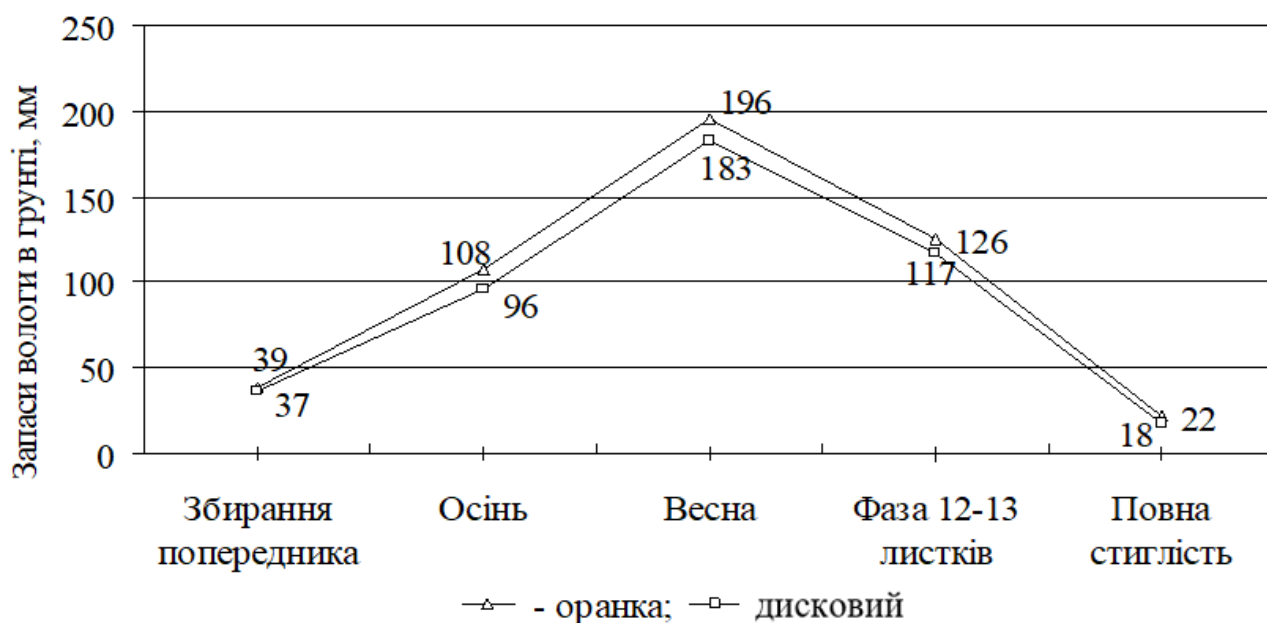


Рис. 6.1. Сезонна динаміка формування ґрунтових вологозапасів при вирощування соняшника в шарі ґрунту 0–150 см, мм (середнє за 2021–2023 рр.)

Такий аналіз є дуже важливим в цілому для всієї агросистеми оскільки соняшник відноситься до культур з надзвичайно високим рівнем споживання води. Для всебічного системного оцінювання циркулювання в сівозмінній

агросистемі важливо також знати, які регулятивні значення маютьсся прийоми основного обробітку ґрунту. Якщо практично при повному зневодненні ґрунту після збирання попередника оранка на 23–25 см і мілкий дисковий на 10–12 см практично не відрізнялися за об'ємами накопичення вологи і становили 37–39 мм, то при досягненні максимального рівня вологозабезпеченості весною оранка перевищувала мілкий дисковий обробіток на 13 мм доступної вологи.

Поряд з вологозабезпеченням агроценозу соняшника наступною технологічною проблемою його вирощування є здатність системи землеробства забезпечити зниження забур'яненості ґрунту і посівів з метою попередження суттєвих втрат врожаю насіння та запобігання погіршення фітосанітарного стану в сівозміні в цілому. Схема виробничого польового досліджу була закладена таким чином, що дозволила встановити ефективність, як агротехнічних так і хімічних способів контролювання бур'янів, виявити потенціал продуктивності та конкурентоздатності агроценозу соняшника, а також існуючий рівень небезпеки для господарської діяльності.

Як виявилосся з дослідних варіантів, які вивчалися в експерименті можна рекомендувати і застосовувати у виробництві декілька рівноцінних комбінацій з максимальною фітотоксичною дією проти найбільш шкочинних бур'янів. В першу чергу до таких пріоритетів відносяться обприскування посівів гербіцидом Геліантекс, к.с. в дозі 0,045 л/га в фазі культури 6–8 листків, Євро-Лайтнінг Плюс, р.к. в дозі 2 л/га в фазі 6–8 листків, а також внесення в ґрунт до сівби препарату Аспект Про, к.с. в дозі 2,2 л/га (табл. 6.9). Ці комбінації гербіцидів сприяли максимальному зниженні забур'яненості на кінець вегетації соняшника, після чого щільність бур'янів становила по оранці – 3,6–4,4 шт./м², мілкому дисковому обробітку – 5,9–7,0 шт./м².

Максимальна технічна ефективність гербіцидів в контролюванні забур'яненості в посівах соняшнику була досягнута при поєднанні агротехнічних і хімічних заходів регулювання фітоценозу бур'янів, коли ступінь їх щільності був мінімальним і становив – 4,1 шт./м² при оранці та 6,8 шт./м² при дисковому мілкому обробітку ґрунту.

Таблиця 6.9

Вплив прийомів обробітку ґрунту та гербіцидів на забур'яненість посівів соняшника в фазу повної стиглості, шт./м² (середнє за 2021–2023 рр.)

Контролювання бур'янів	Прийом обробітку ґрунту	
	оранка	дисковий мілкий
Контроль без догляду	63,1	87,3
Контроль без бур'янів	0	0
Механізований догляд	26,7	33,0
Аспект Про, к.с. норма 2,2 л/га + міжрядний обробіток	4,1	6,8
Євро-Лайтнінг Плюс, р.к. в нормі 2,0 л/га	4,4	7,0
Геліантекс, в дозі 0,045 л/га + ПАР Віволт	3,6	5,9
НІР ₀₅ , шт./м ² обробіток ґрунт – 1,3–1,5; контролювання бур'янів – 1,6–1,9		

Загальною характеристикою впливу прийомів основного обробітку ґрунту на забур'яненість посівів соняшника було те, що його мінімалізація супроводжувалася стійким зростанням кількості бур'янів, як на фоні внесення різноспектрових гербіцидів так і на фоні виключно агротехнічної бази на 12–16 %.

Для цієї оцінки шкодочинності і конкурентоздатності агроценозу соняшнику необхідно враховувати ступінь забур'яненості посівів у формі повітряно-сухої маси бур'янів, яка в прогнозах урожайності розкриває найбільш корелятивні зв'язки між цими двома компонентами. Наведені в таблиці 6.10 показники повітряно-сухої маси бур'янів розкривають високу контрастність між варіантами з мінімальними заходами контролювання і з повним забезпеченням фітотоксичної дії гербіцидів. Так, якщо на контролі де не проводилися заходи контролювання бур'янів їх маса досягала максимуму і становили на фоні оранки – 125 г/м², на фоні мілкового дискового обробітку 153 г/м².

В той час як внесення вискоєфективних гербіцидів з адаптованим спектром фітотоксичної дії забезпечувала різке зниження повітряно сухої маси в посівах до 6–9 г/м² на фоні оранки, 10–13 г/м² на фоні мілкового дискового обробітку.

Таблиця 6.10

Оцінка шкодочинності бур'янів за показниками їх повітряно-сухої маси в фазу повної стиглості соняшника, г/м² (середнє за 2021–2023 рр.)

Контролювання бур'янів	Прийом обробітку ґрунту	
	оранка	дисковий мілкий
Контроль без догляду	125	153
Контроль без бур'янів	0	0
Механізований догляд	54	67
Аспект Про, к.с. в дозі 2,2 л/га + міжрядний обробіток	8	12
Євро-Лайтнінг Плюс, р.к. в дозі 2,0 л/га	9	13
Геліантекс, к.с. доза 0,045 л/га + ПАР Віволт	6	10
НІР ₀₅ , г/м ² обробіток ґрунту – 2–3; контролювання бур'янів – 3–4		

Асоціативне формування урожайності на основі реакції рослин соняшника на агрофізичні показники, прийоми основного обробітку ґрунту, біологічної конкурентності в забур'яненних посівах, стійкості до токсичних речовин гербіцидного походження, агротехнологічного моделювання вологозабезпеченості підтвердило комплексність всіх названих факторів і надало достатньо об'єктивні пояснення, які відображають рівень врожайності (табл. 6.11)

Таблиця 6.11

Вплив обробітку ґрунту та гербіцидів на врожайність насіння соняшника, т/га (середнє за 2021–2023 рр.)

№	Контролювання бур'янів	Прийоми обробітку ґрунту	
		оранка	дисковий мілкий
1	Контроль без догляду	2,02	1,56
2	Контроль без бур'янів	3,78	3,47
3	Механізований догляд	2,91	2,63
4	Аспект Про, к.с. доза 2,2 л/га + міжрядний обробіток	3,64	3,26
5	Євро-Лайтнінг Плюс, р.к. доза 2,0 л/га	3,59	3,18
6	Геліантекс, к.с. доза 0,045 л/га + ПАР Віволт	3,62	3,20
НІР ₀₅ , т/га для обробітку ґрунту – 0,09–0,11 для контролювання бур'янів – 0,10–1,12 для взаємодії – 0,12–0,15			

З комплексу агротехнологічних прийомів вирощування соняшника на підвищення врожайності в межах 3,62–3,64 т/га працювало проведення глибокої оранки та застосування високоефективних гербіцидів, які до деякої міри випереджали за своїм позитивним значенням для росту і розвитку рослин такі агрозаходи, як мілкий дисковий обробіток в межах 3,18–3,26 т/га, механічні прийоми догляду за посівами в межах 2,63–2,91 т/га та гербіциди з менш вираженою комбінованою фітотоксичністю.

Важливо відмітити, що ступень потенційної забур'яненості знаходився на критично високому рівні про що свідчать показники урожайності у варіанті з природною забур'яненості де урожайність була значно нижчою на 1,62 т/га порівняно з інтенсивним контролюванням бур'янів.

Забур'яненість та фітотоксична дія гербіцидів на бур'яни фактично стала передумовою для досягнення високих економічних показників вирощування насіння соняшника залежно від прийомів обробітку ґрунту і комплексних методів контролювання забур'яненості (табл. 6.12).

Таблиця 6.12

Економічна оцінка агротехнологічних прийомів вирощування насіння соняшника, (середнє за 2021–2023 рр.)

Технологічна система		Урожайність зерна, т/га	Виробничі витрати на 1 га, грн.	Собівартість 1 т зерна, грн	Прибуток на 1 га, грн	Рівень рентабельності, %
варіанти догляду за посівами	основний обробіток ґрунту*					
Контроль без догляду	О	2,02	13852,3	6857,6	8367,7	60,4
	Д	1,56	13421,9	8603,8	3738,1	27,9
Механізований догляд	О	2,91	14952,3	5138,2	17057,7	114,1
	Д	2,63	14621,9	5559,7	14308,1	97,9
Аспект Про, 2,2 л/га + міжрядний обробіток	О	3,64	15170,3	4167,7	24869,7	163,9
	Д	3,26	14859,7	4558,2	21000,3	141,3
Євро-Лайтнінг Плюс, 2,0 л/га	О	3,59	15054,5	4193,5	24435,5	162,3
	Д	3,18	14889,0	4682,1	20091,0	134,9
Геліантекс, 0,045 л/га + ПАР Віволт	О	3,62	15065,1	4161,6	24754,9	164,3
	Д	3,20	14865,1	4645,3	20334,9	136,8

*Системи обробітку ґрунту: О – оранка на глибину 23–25 см; Д – дисковий мілкий обробіток 10–12 см.

Тобто запрограмований в дослідях технологічний рівень вирощування соняшника, ринкові запити на олійну продукцію на світовому ринку, широкі можливості регулювання родючості ґрунтів створили надзвичайно сприятливу ситуацію для формування зони високої економічної ефективності. Найбільшу зацікавленість у вирощуванні насіння соняшника викликають показники прибутковості і рентабельності виробництва, які формують фінансову масу і окупність матеріальних і ресурсних вкладень у технології вирощування соняшника. Так, рентабельність виробництва в польовому досліді знаходилася в зоні надзвичайно вигідних показників 134,9–163,9 %. Такі сприятливі показники рентабельності виробництва одночасно підсилювалися також результатами накопичення умовно чистого прибутку, якій знаходився в межах 20091,0–24869,7 грн./га.

Таким чином, чином для умов дефіцитного зволоження фермерського господарства «ОЛІМП-2012» Петрівського району Дніпропетровської області встановлено, що найкращий фітосанітарний стан посівів гібриду соняшника СИ Дієго КЛП із мінімальним ступенем забур'яненості 6–9 шт./м², накопичення ґрунтової вологи в передпосівний період 196 мм в 150 см шарі ґрунту, високий рівень врожайності 3,59–3,64 т/га та рентабельність виробництва в межах 162,3–164,3 % забезпечило проведення глибокої оранки в поєднанні з гербіцидами широкого фітотоксичного спектру Аспект Про, к.с. (тербутилазин, 333 г/л + флуфенацет, 200 г/л) в нормі 2,2 л/га, Євро-Лайтнінг Плюс, р.к. 7,5 г/л (Імазапір, 16,5 г/л Імазамокс) в нормі 2,0 л/га, Геліантекс, к.с. (галауоксифен-метил, 68,5 г/л) в нормі 0,045 л/га + ПАР Віволт.

6.3. Напрямки мінімалізації основного обробітку чорного пару при вирощуванні пшениці озимої

Для посушливого землеробства в зоні Північного Степу де регулярно відчуваються дефіцит вологозабезпечення, важливим і необхідним елементом підтримання високої продуктивності пшениці озимої є уведення в структуру

посівних площ поля чорного пару [62–67, 172, 180, 190, 266, 285, 348, 388]. З іншого боку, це питання належить до групи найбільш актуальних, внаслідок того, що ця сівозмінна ланка забезпечує гарантії одержання високих врожаїв головної продовольчої зернової культури якою залишається пшениця озима. Одночасно слід звернути увагу на те, що подолання недоліків при впровадженні в структуру посівних площ чорного пару важливо зменшити антропогенний вплив на чорноземи звичайні за рахунок мінімалізації основного обробітку ґрунту та системи догляду за полем під час його парування.

Тому мінімалізація основного обробітку ґрунту набуває в сучасних умовах надзвичайно великої актуальності оскільки вирішує важливі питання, як попередження деградації ґрунтів, підвищення акумулятивної здатності щодо вологонакопичення, скорочення ресурсних та грошових витрат і виведення показників урожайності пшениці озимої на більш високий економічно виправданий рівень.

У зв'язку з такими вимогами до наукових розробок, одержання достовірних експериментальних даних, уточнення окремих технологічних регламентів у виробничих умовах Державного підприємства Дослідного господарства «Дніпро» Інституту зернових культур НААН України протягом 2021–2023 рр. було проведено виробниче випробування наукових розробок в процесі виконання програми дисертаційної роботи (додаток И.5)

При виборі місця проведення виробничих досліджень, в першу чергу, керувалися необхідністю їх співпадіння з польовими дослідями і характеристикою зони в цілому. Тому основні агрокліматичні показники під час проведення виробничих досліджень вкладалися в такі нормативи: річна сума опадів становила 489–514 мм, ГТК за вегетаційний період з температурою повітря вище 10°C змінювався від 0,8 до 1,1, ґрунтовий покрив відносився до чорнозему звичайного середньосуглинковим з вмістом гумусу (за методом Тюріна) в орному шарі 3,8 %, нітрифікаційна здатність (за методом Кравкова) – 13,1 мг/кг ґрунту, вміст доступного фосфору (за Мачигінім) – 31,2 мг/кг ґрунту та калію – 289 мг/кг, рН водної витяжки – 7,0 рН (сольової) – 6,95 [203].

Проведення виробничих досліджень і досягнення запланованих результатів базувалися на відповідному експерименті з вивчення ефективності основного обробітку ґрунту в чорному парі. Для виробничої перевірки було вибрано найбільш контрастні прийоми обробітку ґрунту за характером впливу на чорнозем звичайний. Виробничий дослід включав наступні варіанти основного обробітку ґрунту: оранку на глибину 23–25 см оборотним плугом ПО-3-35; чизельне розпушування на глибину 30–32 см глибокорозпушувачем ГРД-3; мілкий обробіток на глибину 10–12 см дисковою бороною БГР-4,2 «Солоха».

Виробничий польовий експеримент було розміщено на загальній площі 27 га, з площею елементарної ділянки 3 га. В експерименті використовували сучасний високопродуктивний сорт пшениці озимої Житниця одеська. Сорт рекомендований для вирощування в Степу України [89–91].

Пшениця розміщувалася в традиційній ланці сівозміни соняшник – чорний пар – пшениця озима.

Основний обробіток ґрунту проводили різними знаряддями відповідно до схеми досліду на початку жовтня, догляд за паром весняно-літній період включав проведення 2–3-х культивацій, технологія вирощування пшениці озимої (сорт Житниця одеська) щодо підтримання високого рівня фітосанітарної чистоти і забезпечення оптимального поживного режиму відповідала зональним рекомендаціям [38, 98].

Проведення спостережень, обліків, визначень розрахунків економічної ефективності вирощування зерна пшениці озимої здійснювали на основі рекомендованих методів в проведенні науково-дослідних робіт [203].

Проведені дослідження підтвердили важливу наукову позицію про те що структурно-агрегатний склад ґрунту є важливим елементом оцінки агрофізичного стану чорнозему, який дуже чутливо реагує на ступінь інтенсивності антропогенного тиску залежно від прийомів основного обробітку (табл. 6.13).

Для системи основного обробітку ґрунту і для збереження його родючості є наявність в орному шарі ерозійно стійких агрегатів. З наведених в таблиці 6.13

даних про залежність ерозійно-стійкої здатності чорнозему звичайного просліджується закономірність, яка вказує на те, що найбільш ефективно родючість ґрунтів зберігається глибокого чизельного обробітку ґрунту, в той час як, рівень стримування змиву послаблюється на фоні проведення інтенсивної оранки. Так, як що на фоні глибокого безполицевого розпушення знаряддям ГРД-3 кількість ерозійно стійких агрегатів становила 81,1 %, то оранка призводила погіршення протиерозійного захисту до 71,2 %.

Таблиця 6.13

Вплив основного обробітку ґрунту на агрегатний склад в чорному парі
(середнє за 2021–2023 рр.)

Основний обробіток ґрунту	Агрегатний склад чорнозему, % повітряно-сухої маси				
	мікро структура	макроструктура			глибиста структура
	менше 0,25 мм	0,25–1 мм	1–10 мм	0,25–10 мм	більше 10 мм
ПО-3-35	15,9	13,5	55,9	70,1	13,9
ГРД-3	11,0	8,2	68,6	76,8	12,7
БГР-4,2	13,6	8,1	59,9	69,7	17,9
НІР ₀₅	1,8	1,9	1,8	1,9	2,0
	дефляційно небезпечні агрегати, <1,0 мм		дефляційно стійкі агрегати, >1,0 мм		
ПО-3-35	28,8		71,2		
ГРД-3	18,9		81,1		
БГР-4,2	19,9		80,1		

З протилежного боку ерозійно стійкі агрегати корелювали з показниками мікроструктурних елементів ґрунту в орному шарі, тобто оранка викликала **в** даному випадку мікроструктури ґрунту до 15,9 %, порівняно з чизельним безполицевим розпушуванням до 11,0 %. Дисковий мілкий основний обробіток ґрунту за показником мікроструктури ґрунту займав проміжне значення – 13,6 %.

Тобто, з точки зору рекомендації прийомів основного обробітку в чорному парі слід надавати перевагу чизельному безполицевому обробітку, який поряд з оранкою і дисковим мілким обробітком підсилює захисну функцію чорнозему і

дозволяє знизити показники кількості ерозійно небезпечних агрегатів до 18,9 %, на 9,9 % нижче ніж на оранці.

В сучасному землеробстві для об'єктивного контролювання щільності ґрунту необхідно враховувати два принципових теоретичних та практичних аспекти, перший це загальновизнана тенденція до ущільнення всіх типів ґрунтів в наслідок їх розпорошення, другий це необхідність формування оптимальних показників цього агрофізичного параметру, який би відповідав оптимальним характеристикам з точки зору реакції озимої пшениці на динаміку щільності складення ґрунту.

Залежно від прийомів основного обробітку ґрунту та часу проведення визначення показника щільності складення ґрунту її параметри мали широку дисперсію і вміщувалися в проміжку 1,00–1,39 г/см³ (табл. 6.14).

Таблиця 6.14

Вплив основного обробітку ґрунту на щільність складення ґрунту в паровому полі (середнє за 2021–2023 рр.)

Обробіток ґрунту	Шар ґрунту, см	Щільність складення ґрунту, г/см ³	
		на початку парування	при завершенні парування
ПО-3-35	0–10	1,00	1,10
	10–20	1,09	1,21
	20–30	1,16	1,30
	0–30	1,10	1,22
ГРД-3	0–10	0,99	1,10
	10–20	1,23	1,34
	20–30	1,27	1,36
	0–30	1,16	1,26
БГР-4,2	0–10	1,02	1,07
	10–20	1,29	1,34
	20–30	1,34	1,39
	0–30	1,22	1,30
НІР ₀₅ , г/см ³		0,04	0,05

На паруванні найбільш активне розпушення ґрунту викликала глибока оранка, яка також мала достатньо тривалий період пропонування впливу на стан розпушення. Так на початку парування на фоні оранки в орному шарі щільність складення становила 1,10 г/см³, а на момент завершення парування, тобто перед

сівбою пшениці озимої, ґрунт досягав значення $1,22 \text{ г/см}^3$. Мілкий дисковий обробіток ґрунту був суттєво ущільнений порівняно з оранкою і становив в орному шарі на початку парування $1,22 \text{ г/см}^3$ та в кінці парування – $1,30 \text{ г/см}^3$.

Чизельний обробіток ґрунту виявився адаптованим для догляду за паровим полем, оскільки поряд з виконанням окремих елементів мінімалізації дозволяв утримувати показники щільності складення в межах сприятливих для росту і розвитку пшениці озимої на початку парування в орному шарі – $1,16 \text{ г/см}^3$, в кінці парування – $1,26 \text{ г/см}^3$.

Ключовим елементом, який забезпечує інтенсивність росту і розвитку сільськогосподарських культур, накопичення біологічної маси культурами, підтримання високих темпів приросту біометричних показників і стабільність формування врожаю з зоні степу залишається фактор вологозабезпечення та економного використання водних ресурсів.

Одним із головних завдань прийомів обробітку ґрунту є досягнення рівномірного забезпечення запасів вологи в ґрунті протягом всієї вегетації, яке досягається чергування використанням оранки, чизельного обробітку ґрунту та мілкого дискового (табл. 6.15).

Таблиця 6.15

Залежність вологості ґрунту в пару від прийомів основного обробітку, %
(середнє за 2021–2023 рр.)

Обробіток ґрунту	Шар ґрунту, см			
	0–30	0–50	50–100	0–100
на початку парування				
ПО-3-35	23,4	22,9	21,4	22,1
ГРД-3	23,9	23,3	21,9	22,6
БГР-4,2	22,9	22,1	20,5	21,3
НІР ₀₅ , %	0,2	0,3	0,3	0,3
при завершенні парування				
ПО-3-35	23,2	23,1	21,8	22,4
ГРД-3	23,4	23,5	22,3	22,9
БГР-4,2	22,9	22,5	20,8	21,6
НІР ₀₅ , %	0,3	0,3	0,3	0,3

Різниця запасах вологи на найбільш відповідальних етапах її накопичення в ґрунті та використання протягом органогенезу пшениці озимої також показало, що динаміка ґрунтової вологи завжди залежить від прийомів основного обробітку ґрунту, глибини його розпушення та інтенсивності перемішування шарів. Виходячи з цієї концепції закономірним є те показники вологості ґрунту в метровому шарі ґрунту на початку парування в 21,3–22,6 %, а на момент завершення парування 21,6–22,9 %, відповідно. Тобто цей наліз вологості ґрунту все-таки показує деяку перевагу за накопиченням вологи оранку і чизельного обробітку над мілким дисковим на 1,2–1,4 %.

Вирішальну роль відіграють вологозапаси у забезпеченні своєчасних сходів пшениці озимої та формування оптимальної густоти стояння рослин, це ключовий момент у формуванні високопродуктивних агроценозів.

Незаперечним підтвердженням зв'язку між прийомами основного обробітку ґрунту, його вологістю і щільністю агроценозу озимої пшениці є результати досліджень наведені в таблиці 6.16.

Таблиця 6.16

Формування сходів насіння пшениці озимої та вологості ґрунту залежно від прийомів основного обробітку (середнє за 2021–2023 рр.)

Облікові параметри	Основний обробіток ґрунту		
	ПО-3-35	ГРД-3	БГР-4,2
сівба			
Вологість ґрунту в 0–10 см, %	23,9	23,8	22,9
Вологість ґрунту 0–30 см, %	24,9	24,9	23,8
через 3 тижні після сівби			
Щільність агроценозу, млн шт./га	4,21	4,17	4,02
Польова схожість, %	97,1	96,5	90,3

Відповідно до запасів вологи у 0–10 см шарі ґрунту залежно від прийому основного обробітку ґрунту на фоні оранки спостерігалось підвищення польової схожості на рівні 97,1 % та забезпечення оптимальної щільності агроценозу, яка досягала 4,21 млн шт./га. Стабільна перевага оранки та чизельного обробітку за параметрами польової схожості пшениці озимої спостерігалася з мілким дисковим обробітком на 6,2–6,8 %, за щільністю агрофітоценозу на 0,19–0,15 млн шт./га, відповідно.

Значний регуляторний вплив прийомів основного обробітку ґрунту на агрегатний стан, його вологість, схожість насіння пшениці озимої, щільність агроценозу за сумою взаємодії цих факторів дозволив створити сприятливі передумови для формування високої врожайності пшениці озимої.

Тому накладання один на одного ресурсних факторів, що вивчалися в досліді абсолютно об'єктивно підтвердило переваги в урожайності зерна пшениці озимої за глибокого чизельного розпушування та оранки з обертанням скиби, яка досягала рівня 6,17–6,24 т/га (табл. 6.17). В результаті деякої агрофізичної депресії та незначного дефіциту вологи в ґрунті мілкий дисковий обробіток поступався оранці і досягав величини 5,72 т/га.

Таблиця 6.17

Зернова продуктивність пшениці озимої залежно від прийомів основного обробітку ґрунту, т/га (середнє за 2021–2023 рр.)

Основний обробіток ґрунту	Врожайність, т/га
Оранка ПО-3-35 (на 23–25 см)	6,17
Чизелювання ГРД-3 (на 30–32 см)	6,24
Боронування БГР-4,2 (на 10–12 см)	5,72
НІР ₀₅ , т/га	0,09–0,12

Для досягнення збалансованої системи сучасного землеробства в якому проявляється суттєві протиріччя між виробничими показниками, станом збереження навколишнього довкілля, фінансовими витратами, ціновою політикою регулюючим показником є господарсько-економічні показники ефективності виробництва зерна.

Аналіз основних економічних показників таких, як виробничі витрати, собівартість продукції, умовно чистий прибуток, рентабельність виробництва дозволив достатньо об'єктивно встановити значення окремих технологічних прийомів в забезпеченні ресурсами з одного боку та визначення їх окупності (табл. 6.18).

Процес балансування витрат і прибутковості показав, що інтенсивний обробіток ґрунту викликає зростання виробничих витрат та деяке зниження рентабельності виробництва. Якщо вирощування пшениці озимої за технологією полицевого обробітку забезпечило одержання врожайності 6,17 т/га зерна на фоні максимальних виробничих витрат 11232,3 грн/га, то рентабельність виробництва у цьому випадку на рівні 130,7 % поступалася більш економному варіанту із застосуванням чизельного глибокого розпушування на 12,6 %.

За всіма економічними параметрами оцінки економічної ефективності чизельному обробітку і оранці поступався мілкий обробіток ґрунту рівень рентабельності якого серед варіантів, що вивчалися знижувався до 126,7 %.

Тому за такої неоднорідності фізичних показників виробництва, фінансової оцінки діяльності, ринкових пріоритетів в умовах виробництва слід спиратися на господарські ресурси і обирати оптимальній екологічні та економічні характеристики агротехніки вирощування пшениці озимої.

Таблиця 6.18

Вплив прийомів обробітку ґрунту на економічну ефективність
(середнє за 2021–2023 рр.)

Врожай– ність, т/га	Валова вартість продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Собівар- тість 1 тонни зерна, грн	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рента- бельнос- ті, %
Оранка ПО-3-35 (на 23–25 см)					
6,17	25914,0	11232,3	1820,5	14681,7	130,7
Чизелювання ГРД-3 (на 30–32 см)					
6,24	26208,0	10769,8	1725,9	15438,2	143,3
Боронування БГР-4,2 (на 10–12 см)					
5,72	24024,0	10598,8	1852,9	13425,2	126,7

Таким чином, нашими дослідженнями встановлено, що в умовах недостатнього зволоження ведення виробництва в умовах Державного підприємства Дослідного господарства «Дніпро» Інституту зернових культур НААН України найвищу зернову продуктивність забезпечило вирощування високопродуктивного сорту пшениці озимої Житниця одеська. Глибоке безполицеве розпушення ґрунту чизельного типу та оранка з повним обертанням скиби дозволили досягти максимальної врожайності зерна у виробничому досліді в межах 6,17–6,24 т/га та вивести на високий рівень рентабельність виробництва 130,7–143,3 %.

Висновки до розділу 6

Виробнича перевірка наукових розробок в господарствах степової зони України є невід'ємною складовою частиною оцінки практичного значення нових розроблених систем землеробства і найвищим способом доведення ефективності їх застосування.

В умовах фермерського господарства «Фенікс Агро» Синельниківського району Дніпропетровської, з недостатнім рівнем вологозабезпечення, найвищу продуктивність маслонасіння сформувало вирощування високопродуктивного гібриду соняшника ЛГ 50510 при використанні оранки на глибину 23–25 см та глибокого безполицевого чизельного розпушення ґрунту на глибину 25–27 см, які дозволили досягти максимальної врожайності насіння у виробничому досліді в межах 3,01–3,25 т/га та досягти високого рівня рентабельності виробництва 120,9–131,3 %.

Для умов дефіцитного зволоження фермерського господарства «Олімп-2012» встановлено, що найкращий фітосанітарний стан посівів гібриду соняшника СИ Дієго КЛП із мінімальним ступенем забур'яненості 6–9 шт./м², накопичення ґрунтової вологи в передпосівний період 196 мм в 150 см шарі ґрунту, високий рівень врожайності 3,59–3,64 т/га та рентабельність виробництва в межах 162,3–164,3 % забезпечило проведення глибокої оранки в поєднанні з гербіцидами широкого фітотоксичного спектру Аспект Про, к.с. в

нормі 2,2 л/га, Євро-Лайтнінг Плюс, р.к. в нормі 2,0 л/га, Геліантекс, к.с. в нормі 0,045 л/га + ПАР Віволт.

В умовах Державного підприємства Дослідного господарства «Дніпро» Інституту зернових культур НААН України найвищу зернову продуктивність одержано при вирощуванні високопродуктивного сорту пшениці озимої Житниця одеська на фоні глибокого безполицевого розпушення ґрунту знаряддями чизельного типу та оранки з повним обертанням скиби, які дозволили досягти максимальної врожайності зерна у виробничому досліді в межах 6,17–6,24 т/га та вивести на високий рівень рентабельності виробництва 130,7–143,3 %.

РОЗДІЛ 7

БІОЕНЕРГЕТИЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ ПАРАМЕТРИ ОЦІНКИ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННИХ КОМПЛЕКСІВ

Оцінка природно-техногенних комплексів є важливим завданням, яке дозволяє визначити їх ефективність, стійкість і вплив на навколишнє середовище. Для цього використовуються біоенергетичні та економічні параметри, які забезпечують всебічний аналіз цих складних систем. Біоенергетичні параметри включають первинну продуктивність екосистем, аналіз трофічних рівнів та енергетичних потоків, біоенергетична ефективність та баланс вуглецю. Ці параметри дозволяють оцінити здатність екосистем до продукування біомаси, ефективність енерговитрат на різних рівнях живлення рослин, співвідношення енергії, отриманої від біомаси, до енергії, вкладеної в її виробництво. Економічні параметри включають оцінку вартості природних ресурсів, екологічних витрат і прибутку, витрат на утримання та управління технологічних процесів, економічну ефективність і соціально-економічний вплив. Ці параметри дозволяють визначити економічну прибутковість від збереження та раціонального використання природних ресурсів, витрати на відновлювальні заходи, оптимізацію витрат на підтримку екологічної стійкості комплексів, доцільність інвестицій у природоохоронні заходи, а також вплив різних агротехнологій на зайнятість, здоров'я населення та місцеву економіку.

7.1. Технологічні прийоми оптимізації економічної ефективності функціонування агроценозів

Свого часу економічна оцінка прийомів землеробства виражала за своїм призначенням в більшості господарські показники виробництва. В період значного посилення руйнівної дії технологічних засобів і прийомів функції економічного аналізу значно розширилися і вони стали також визначальним

фактором формування еколого-економічного балансу в агросистемах, особливо в такому прояві їх практичної реалізації як сівозміни [47, 61, 158, 202, 355, 395].

Неймовірно висока багатовекторність впливу технобіогенних систем на виробниче середовище в сільському господарстві все помітніше приводить до колізій між зростанням виробничих витрат і збереженням родючості ґрунтів, рівнем урожайності сільськогосподарських культур і окупністю вкладень, скороченням енергетичних витрат в землеробстві і ступенем фітосанітарної загрози, насиченням структури посівних площ технологічно і біологічно однорідними культурами і збитковою динамікою поживних речовин [47, 157, 302, 309, 310, 404, 478].

Для з'ясування закономірностей відображення значення сільськогосподарських культур, агротехнологічних прийомів їх вирощування та ролі мінеральних добрив через економічні показники нами було встановлено напрямки їх трансформації залежно від комплексу факторів землеробства. Проведений економічний аналіз на основі таких параметрів як виробничі витрати, собівартість, прибутковість та рентабельність дозволив одержати багатфакторну просторову картину залежно від генетичного потенціалу культур, інтенсивності основного обробітку ґрунту і застосування мінеральних добрив. Про значний вплив факторів, що вивчалися в стаціонарному досліді, свідчить великий розрив показників рентабельності виробництва між діаметрально протилежними комбінаціями систем землеробства: ячмінь – No-till – $N_{45}P_{45}K_{45}$ – 40,3 % (рентабельність мінімальна) і соняшник – безполицевий – без добрив – 249,2 % (рентабельність максимальна).

З економічної точки зору переконливі аргументи мали такі культури як соняшник, рентабельність виробництва якого знаходилась залежно від прийомів основного обробітку ґрунту і мінеральних добрив в межах 158,8–298,5 %, пшениця озима – 136,3–212,7 % та кукурудза на зерно – 133,5–204,4 % (табл. 7.1).

Ярі ранні зернові і зернобобові культури суттєво поступалися групі озимих і пізніх форм внаслідок того, що відрізнялись нижчою урожайністю.

Таблиця 7.1

Економічна ефективність систем обробітку ґрунту в сівоzmіні на фоні різних систем добрив (середнє за 2019–2021 рр.)

Технологічні системи		Уро- жай- ність, т/га	Виробничі витрати на 1 га, грн		Собівар- тість 1 т зерна, грн	Витрати пального на основний обробіток на 1 га		Одержано умовного прибутку з 1 га, грн	Рівень рентабель- ності, %
добрив	обробітку ґрунту		Всього	в т.ч. на основний обробіток		л	грн		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Озима пшениця									
Без добрив	Полицева	4,68	7995	1074	1708	26,3	672	17006	212,7
	Ґрунтозахисна	4,41	7458	788	1691	18,3	467	15496	207,8
	No-till	4,41	8245	х	1870	х	х	14220	172,5
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	Полицева	5,27	11362	1074	2156	26,3	672	17976	158,2
	Ґрунтозахисна	5,05	10850	788	2149	18,3	467	17263	159,1
	No-till	4,91	11566	х	2356	х	х	15768	136,3
Соняшник									
Без добрив	Полицева	2,53	6530	1119	2581	27,9	713	19410	297,2
	Ґрунтозахисна	2,36	6071	747	2573	17,3	442	18126	298,5
	No-till	2,24	6950	х	3103	х	х	16017	230,5
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	Полицева	3,07	10021	1119	3264	27,9	713	21456	214,1
	Ґрунтозахисна	2,75	9444	747	3434	17,3	442	18752	198,6
	No-till	2,60	10299	х	3961	х	х	16359	158,8

продовження таблиці 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ярий ячмінь									
Без добрив	Полицева	2,43	6530	889	2687	21,9	559	5062	77,5
	Ґрунтозахисна	2,25	6384	788	2837	18,3	467	4349	68,1
	No-till	2,12	7190	х	3392	х	х	2922	40,6
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	Полицева	2,94	9922	889	33758	21,9	559	4102	41,3
	Ґрунтозахисна	2,71	9744	788	3596	18,3	467	3182	32,7
	No-till	2,52	10512	х	4171	х	х	1508	14,3
Кукурудза на зерно									
Без добрив	Полицева	5,48	8415	1119	1536	27,9	713	17198	204,4
	Ґрунтозахисна	5,07	7937	747	1565	17,3	442	15760	198,6
	No-till	4,37	8458	х	1935	х	х	11967	141,5
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	Полицева	6,55	11894	1119	1816	27,9	713	18721	157,4
	Ґрунтозахисна	6,22	11447	747	1840	17,3	442	17625	154,0
	No-till	6,09	12188	х	2001	х	х	16277	133,5

Існуюча різниця в біологічному потенціалі культур 5-пільної сівозміни посилювалась тим, що ранні форми попали в посушливу зону вегетаційного періоду в критичні фази свого розвитку (кущення – початок формування зерна), а у пізніх – за сприятливого збігу обставин в період максимального водоспоживання з достатнім вологозабезпеченням.

В ряду наших досліджень просліджується виразна тенденція до зниження рентабельності виробництва зерна при застосуванні мінеральних добрив на фоні родючості ґрунту, який зберігається в сучасному землеробстві.

Економічна закономірність щодо зниження показників рентабельності при внесенні мінеральних добрив проявилася по всій вертикалі багатофакторної схеми дослідів. Внаслідок того, що внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$ супроводжувалось підвищенням виробничих витрат в технологічному циклі вирощування культур сівозміни на 3392 грн/га (ячмінь) і 3479 грн/га на зерновій кукурудзі, показники рентабельності в цьому випадку відразу відреагували зниженням їх відповідно з 77,5 до 41,3 % (ячмінь) та з 204,4 до 157,4 % (кукурудза).

Поряд з тим, що окупність культур і технологій їх вирощування знижувалась при застосуванні мінеральних добрив, показники рентабельності найбільш ефективних культур (соняшник, пшениця озима, кукурудза на зерно) підтримувались на високому рівні 214,1–157,4 %.

В економічному форматі важливим є показник прибутковості виробничої діяльності, який виражає ефективність використання землі. Аналіз комплексу економічних показників показав, що розрахований умовно чистий прибуток позитивно відреагував на внесення мінеральних добрив. Так, наприклад, при вирощуванні пшениці озимої на фоні оранки внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$ забезпечило зростання прибутку з 17006 до 17976 грн/га, а кукурудзи, аналогічно, з 17198 до 18721 грн/га.

Складні компенсаційні процеси в економічному спектрі спостерігаються при мінімізації основного обробітку ґрунту внаслідок перебігу витратного механізму з площини інтенсивності механічного обробітку в проблему захисту рослин, в першу чергу від бур'янів.

Якщо розглядати основний обробіток ґрунту окремо від повного технологічного циклу, то заміна глибокого полицевого обробітку на ґрунтозахисний безполицевий сприяє зниженню витрат з 1119 до 747 грн/га, а технологія No-till звичайно повністю виключає розпушення ґрунту і не включає вкладання коштів в цю операцію. В той же час за рахунок додаткових елементів технології з внесення гербіцидів загальновинищувальної дії в післяжнивний період різниця виробничих витрат на повний технологічний комплекс між оранкою і технологією No-till суттєво нівелювалась. Наприклад, якщо при вирощуванні кукурудзи виробничі витрати на оранку перевищували технологію No-till на 1119 грн/га, то за повного комплексу технологічних операцій і засобів ця різниця зменшувалась до 294 грн/га.

Незважаючи на те, що мінімізація обробітку ґрунту сприяла зниженню виробничих витрат, цього виявилось недостатньо для того, щоб ефективно регулювати показниками рентабельності. В контексті комплексу економічних показників в питанні залежності рентабельності від обробітку ґрунту вирішальну роль відіграв рівень врожайності культур сівозміни. В результаті зниження врожайності зерна при мінімізації обробітку ґрунту рентабельність також знижувалась: озимої пшениці з 212,7 % при проведенні оранки до 172,5 % при впровадженні No-till. Більш показове зниження рентабельності мінімальних прийомів обробітку на фоні застосування мінеральних добрив опосередковано свідчить про зниження їх фізичної окупності при поверхневому позиціонуванні в орному шарі ґрунту.

Зростання економічної ефективності прийомів основного обробітку і добрив в сівозміні не завжди співпадає з екологічними проблемами щодо збереження ґрунтів і скорочення енергетичних витрат на виробництво. Завдяки високій зерновій продуктивності і ринковій цінності маслонасіння найбільш рентабельними виявились соняшник (297,2 %), пшениця озима (212,7 %) і кукурудза на зерно (204,4 %).

Оцінка економічної ефективності прийомів основного обробітку ґрунту і застосування мінеральних добрив свідчить про суттєвий вплив цих

технологічних факторів на базові економічні показники. Внаслідок сприятливого впливу оранки на урожайність культур сівозміни цей прийом обробітку забезпечив найвищу рентабельність виробництва в діапазоні культур 77,5–297,2 %. Застосування мінеральних добрив супроводжувалось зниженням рентабельності зернових культур, але в той же час сприяло зростанню прибутковості одержаної продукції.

Виділяючи значну роль пшениці озимої, кукурудзи та соняшнику в зміцненні продовольчої, кормової бази та олійної продукції, необхідно відмітити їх визначальне місце в формуванні прибутків. Зерно пшениці озимої та кукурудзи має універсальне значення і одночасно відіграє незамінну роль у формуванні продуктивності тваринництва та його економічного стану. Тому виробництво зерна цих культур буде зберігати своє стратегічне значення в аграрному секторі економіки і надалі.

Не менш важливим для продовольчої безпеки та утримання економіки на високому рівні є вирощування соняшнику, використовується як джерело олії, яка є важливим компонентом раціону харчування людей та створення надійної кормової бази. Вирощування насіння соняшнику стимулює розвиток сільськогосподарського сектору через попит на сільськогосподарські послуги, засоби захисту рослин, технології вирощування та обробки, що сприяє створенню нових робочих місць та зростанню економіки сільських регіонів. Вирощування насіння соняшнику дозволяє сільськогосподарським виробникам диверсифікувати свої вирощувальні площі та ризики, забезпечуючи стійкий прибуток у випадках низьких цін на інші культури або несприятливих погодних умов.

Аналіз економічної оцінки застосування гербіцидів різного хімічного складу та препаративної форми забезпечує, як правило, високі фінансові показники такі як прибуток та рентабельність, тому в технології вирощування пшениці озимої цей комплекс заходів має надзвичайно важливе значення. Обсяги збереженого врожаю озимини практично завжди достатні для того щоб досягти високої окупності витрат.

Економічні показники в першу чергу залежать від фітотоксичності гербіцидів і їх видового спектру, ступеня забур'яненості посівів, тривалості збереження токсичної дії препаратів після їх внесення, резистентності культури до гербіцидів в післядії, а також від здатності культури щодо зростання врожайності (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

Ефективність застосування гербіцидів при вирощуванні пшениці озимої
(середнє за 2017–2019 рр.)

Система захисту	Урожай- ність зерна, т/га	Виробничі витрати на 1 га, грн		Собівар- тість 1 т зерна, грн	Прибу- ток на 1 га, грн	Рівень рентабе- льності, %
		всього	вартість гербициду			
1. Контроль (без гербіцидів)	3,06	10858,4	-	3548,5	5099,5	47,0
2. Гранстар Голд 20 г/га + Хаммер 15 г/га + Тренд 300 мл/га	3,71	11691,4	784,8	3151,3	7656,3	65,5
3. Гранстар Голд 20 г/га + Хаммер 20 г/га + Тренд 300 мл/га	3,73	11713,8	824,4	3140,4	7738,2	66,1
4. Гранстар Голд 25 г/га + Хаммер 15 г/га + Тренд 300 мл/га	3,79	11730,6	834,0	3095,1	8034,3	68,5
5. Гранстар Голд 25 г/га + Хаммер 20 г/га + Тренд 300 мл/га	3,86	11737,6	841,2	3040,8	8392,3	71,5
6. Гранстар Голд 30 г/га + Хаммер 15 г/га + Тренд 300 мл/га	3,89	11741,8	842,4	3018,5	8544,6	72,8
7. Гранстар Голд 30 г/га + Хаммер 20 г/га + Тренд 300 мл/га	3,90	11751,6	853,2	3013,2	8586,9	73,1
8. Гранстар Голд 35 г/га + Тренд 300 мл/га	3,75	11739,0	843,6	3130,4	7817,3	66,6
9. Хаммер 25 г/га + Тренд 300 мл/га	3,72	11730,6	840,0	3153,4	7669,2	65,4
10. Квелекс 60 г/га + Тренд 300 мл/га	3,77	11761,4	870,0	3119,7	7899,2	67,2
11. Пріма Форте 0,7 л/га	3,85	11776,8	885,6	3058,9	8301,0	70,5

Для знищення бур'янів в посівах пшениці озимої і підвищення врожайності в досліді проводили обприскування гербіцидами Гранстар Голд, Хаммер, Квелекс і Пріма Форту у фазі трубкування культури. Серед гербіцидів, які застосовувалися у досліді найбільший приріст урожаю зерна забезпечив сумішок Гранстар Голд 30 г/га + Хаммер 20 г/га. Це позитивно вплинуло на прибутковість виробництва, яка досягла 8586,9 грн/га, в той же час хімічний захист посівів позитивно вплинув на рентабельність виробництва – 73,1 %

Наведені показники суттєво покращували фінансовий баланс порівняно з контрольним варіантом без внесення гербіцидів, рентабельність в цьому випадку становила 47,0%, а умовно чистий прибуток зменшувався до 5099,5 грн/га.

Слід відмітити, що дотримання регламентних вимог використання гербіцидів, які вивчалися в досліді сприяли досягненню високих економічних показників за параметрами рентабельності –65,5–73,1 % та прибутковості – 7656,3–8586,9 грн/га.

Економічний аналіз ефективності застосування різних комплексів гербіцидів в сумішках та чистому вигляді показав, що хімічний спосіб контролювання бур'янів при вирощуванні кукурудзи на зерно забезпечує стабільний вихід на підвищення окупності, прибутковості та рентабельності виробництва (табл. 7.3).

Включення в систему хімічного контролювання бур'янів в посівах кукурудзи загальновинищувального гербіциду одночасно з використанням страхових препаратів в різних фітотоксичних комбінаціях сприяло загальному зростанню рентабельності виробництва. При цьому найбільш висока рентабельність виробництва 112,7–114,3 % спостерігалася при застосуванні нікосульфурону (40 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасуламу (5 г/га) або нікосульфурону (40 г/га) + тифен-сульфурон метилу (10 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасуламу (5 г/га).

Необхідно відмітити, що позитивне значення з точки зору зниження ступеня забур'яненості зберігався фітотоксичний ефект контролювання бур'янів в системі чорного пару за рахунок внесення загальновинищувального гербіциду.

Таблиця 7.3

Вплив застосування гербіцидів в посівах кукурудзи на зерно на економічну ефективність (середнє за 2021–2023 рр.)

Фактор А	Фактор В	Врожайність, т/га	Валова вартість продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Собівартість 1 тонни зерна	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
БГ* контроль	БГ (контроль)	2,84	11354,9	11326,9	3988,3	28,0	0,2
	Н	5,48	21910,1	13721,3	2503,9	8188,8	59,7
	Н+Т	6,11	24429,0	14426,3	2361,1	10002,7	69,3
	Н+Д	6,77	27067,8	14825,7	2189,9	12242,1	82,6
	Н+2,4Д+Ф	7,69	30746,2	15120,3	1966,2	15625,9	103,3
	Н+Т+2,4Д+Ф	8,38	33504,9	16136,6	1925,6	17368,3	107,6
ЗВГ	БГ (контроль)	3,51	14033,7	13146,0	3745,3	887,7	6,8
	Н	7,16	28627,1	15126,3	2112,6	13500,8	89,3
	Н+Т	7,84	31345,9	15831,7	2019,3	15514,2	98,0
	Н+Д	7,99	31945,6	16125,1	2018,2	15820,5	98,1
	Н+2,4Д+Ф	8,79	35144,2	16525,0	1880,0	18619,2	112,7
	Н+Т+2,4Д+Ф	9,27	37063,3	17298,3	1866,1	19765,0	114,3

*Примітка: БГ – контроль без гербіцидів, ЗВГ – загальновинищувальний гербіцид, Н – нікосульфурон (50 г/га), Н+Т – нікосульфурон (40 г/га) + тифен-сульфурон метил (10 г/га); Н+Д – нікосульфурон (40 г/га) + дикамба (150 г/га); Н+2,4Д+Ф – нікосульфурон (40 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га); Н+Т+2,4Д+Ф – нікосульфурон (40 г/га) + тифен-сульфурон метил (10 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га).

Таким чином, результати комплексних експериментальних досліджень свідчать, що в сучасних умовах господарювання раціональне застосування гербіцидів та їх комбінацій при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах степової зони України є одним з резервів підвищення продуктивності та конкурентоспроможності виробництва зерна цієї культури.

7.2. Біоенергетична ефективність різних агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур

Серед основних параметрів оцінки ефективності систем землеробства, таких як економічна, господарська, екологічна, аналіз розподілу енергетичних компонентів у виробничому балансі найбільш об'єктивно відображає всі біологічні та фізичні процеси. Якщо економічні показники є повністю залежними від ринкової кон'юнктури цін, суспільної значущості продукту і рівня його споживання, то енергетичні показники фіксують виключно природний стан агробіоценозу та спрямованість енергетичної наповненості об'єктів [235, 347, 355].

На основі енергетичної ідентифікації всіх технологічних прийомів вирощування культур сівозміни і матеріальних ресурсів, таких як паливно-мастильні матеріали, добрива, пестициди, вдалося одержати широку інформаційну картину щодо структури енергетичних витрат і регулювання одержаної в продукції сукупної енергії.

При цьому важливо оцінити такі енергетичні показники як виробничі витрати, енергомісткість продукції, коефіцієнт окупності витрат акумульованою енергією та її приріст.

Вирішальним фактором в енергетичному обміні в агросистемі є показники врожайності культур сівозміни, які за нормальних обставин за своїм потенціалом завжди перевищують енергетичні витрати, пов'язані з технологічним забезпеченням (табл. 7.4).

Якщо технологічні витрати сукупної енергії залежно від культури, прийомів основного обробітку ґрунту і застосування мінеральних добрив розташовуються в діапазоні 5,9–13,0 ГДж, то накопичена фотосинтетична енергія в урожаї перевищує ці показники в 5,6–5,7 рази (коефіцієнт енергетичної ефективності).

Тобто, можна переконливо говорити про те, що енергоформуюча частина агроценозу, або генерована біомаса основної продукції сільськогосподарських культур, створює додатковий енергоресурс для використання в діяльності

людини і збереженні екологічних нормативів в агробіоценозах.

Одним з найбільш енергомістких в технологіях вирощування сільськогосподарських культур є застосування мінеральних добрив. Так, при вирощуванні пшениці озимої внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$ супроводжувалось зростанням енерговитрат з 10,3 до 11,7 ГДж.

Досягнення скорочення витрат енергії, закладеної в засоби виробництва, можна здійснити за рахунок мінімізації основного обробітку ґрунту шляхом впровадження замість оранки чизелювання або прямої сівби. При цьому показники технологічних витрат енергії знижуються на 0,8–1,7 ГДж.

Для оцінки енергетичної ефективності вирощування сільськогосподарських культур важливим показником є енергоємність одиниці (т) зернової продукції. Тут поряд з обробітком ґрунту і мінеральними добривами вирішальним фактором виступає рівень урожайності зерна. Завдяки високій урожайності зерна кукурудзи (6,1–6,6 т/га) його енергоємність була мінімальною і становила залежно від прийомів вирощування 1,5–1,6 ГДж. В той же час виробництво т зерна ячменю ярого вимагало набагато більше енергетичних витрат – 3,7–4,0 ГДж.

Вихідні показники урожайності зерна сільськогосподарських культур, енергетичного потенціалу продукції та виробничих витрат енергії мали прямий корелятивний вплив на формування сукупної енергії в зерновій продукції. Так, приріст сукупної енергії на виробництві зерна кукурудзи досяг максимуму і становив 64,0–94,3 ГДж/га, а при вирощуванні ячменю ярого знижувався до 27,4–37,4 ГДж/га.

Таблиця 7.4

Біоенергетична ефективність систем обробітку ґрунту в сівозміні на фоні різних систем добрив (середнє за 2019–2021 р.)

Технологічні системи		Урожай- ність, т/га	Затрати сукупної енергії на 1 га, ГДж	Енергоємність 1 т зерна, ГДж	Коефіцієнт енергетичної ефективності	Приріст валової енергії на 1 га, ГДж
добрив	обробітку ґрунту					
1	2	3	4	5	6	7
Озима пшениця						
Без добрив	Полицева	4,68	10,29	2,20	7,48	66,70
	Ґрунтозахисна безполицева	4,41	9,54	2,16	7,60	63,10
	No-till	4,41	8,96	2,03	8,10	63,59
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	Полицева	5,27	13,07	2,48	6,63	73,63
	Ґрунтозахисна безполицева	5,05	12,36	2,45	6,72	70,72
	No-till	4,91	11,68	2,38	6,92	69,10
Соняшник						
Без добрив	Полицева	2,53	7,13	2,82	6,33	37,98
	Ґрунтозахисна безполицева	2,36	6,43	2,72	6,54	35,65
	No-till	2,24	5,86	2,62	6,81	34,07
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	Полицева	3,07	10,11	3,29	5,41	44,62
	Ґрунтозахисна безполицева	2,75	9,23	3,36	5,31	39,80
	No-till	2,60	8,63	3,32	5,37	37,73

1	2	3	4	5	6	7
Ярий ячмінь						
Без добрив	Полицева	2,43	8,21	3,38	4,87	31,77
	Ґрунтозахисна безполицева	2,25	8,02	3,56	4,62	29,00
	No-till	2,12	7,44	3,51	4,69	27,44
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	Полицева	2,94	10,97	3,73	4,41	37,40
	Ґрунтозахисна безполицева	2,71	10,73	3,96	4,15	33,85
	No-till	2,52	10,10	4,01	4,11	31,36
Кукурудза на зерно						
Без добрив	Полицева	5,48	7,59	1,38	11,56	80,07
	Ґрунтозахисна безполицева	5,07	6,92	1,36	11,73	74,18
	No-till	4,37	5,85	1,34	11,95	64,05
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	Полицева	6,55	10,51	1,61	9,97	94,26
	Ґрунтозахисна безполицева	6,22	9,89	1,59	10,06	89,61
	No-till	6,09	9,15	1,50	10,65	88,27

Таким чином, в сучасному землеробстві енергетична оцінка витрачених і надбаних ресурсів відкриває можливість формувати об'єктивне уявлення про значення і цінність кожного агроприйому та корегувати грошові механізми виробництва зерна. З точки зору енергонасиченості агротехнологій визначальні позиції займають паливо і мінеральні добрива, які становлять в структурі енергетичних витрат до 60%. Проте, вирішальним фактором енергетичної ефективності залишається рівень урожайності зерна і накопичений в ньому енергетичний потенціал. Перспективним напрямком досліджень в агроценотичному енергетичному балансі є контролювання відчуження і повернення енергетичного субстрату в ґрунт.

Висновки до розділу 7

В економічному форматі важливим є показник прибутковості виробничої діяльності, який виражає ефективність використання ріллі. Аналіз комплексу економічних показників показав, що розрахований умовно чистий прибуток зростав за рахунок внесення мінеральних добрив. Так, наприклад, при вирощуванні озимої пшениці на фоні оранки внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$ забезпечило зростання прибутку з 17006 до 17976 грн/га, а кукурудзи, аналогічно, з 17198 до 18721 грн/га.

Зростання економічної ефективності прийомів основного обробітку і добрив в сівозміні не завжди співпадає з екологічними проблемами щодо збереження ґрунтів і скорочення енергетичних витрат на виробництво. Завдяки високій зерновій продуктивності і ринковій цінності маслонасіння найбільш рентабельними виявились соняшник (297,2 %), пшениця озима (212,7 %) і кукурудза на зерно (204,4 %).

Дотримання регламентних вимог використання гербіцидів, які вивчалися в досліді сприяли досягненню високих економічних показників за параметрами рентабельності –65,5–73,1 % та прибутковості – 7656,3–8586,9 грн/га.

Економічна оцінка застосування гербіцидів в посівах кукурудзи на зерно показала, що найбільш висока рентабельність виробництва 112,7–114,3 % спостерігалася при застосуванні нікосульфурону (40 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасуламу (5 г/га) або нікосульфурону (40 г/га) + тифен-сульфурон метилу (10 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасуламу (5 г/га).

Вихідні показники урожайності зерна сільськогосподарських культур, енергетичного потенціалу продукції та виробничих витрат енергії мали корелятивний вплив на формування сукупної енергії в зерновій продукції. Так, приріст сукупної енергії на виробництві зерна кукурудзи досяг максимуму і становив 64,0–94,3 ГДж/га, а при вирощуванні ячменю ярого знижувався до 27,4–37,4 ГДж/га.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення і вирішення наукової проблеми з обґрунтування оптимальних параметрів функціонування природних та техногенних комплексів у землеробстві, сучасних принципів мінімалізації обробітку ґрунту з позиції регулювання твердості, щільності складення ґрунту та ефективного використання обмежених водних ресурсів, особливостей трансформації видового складу бур'янів залежно від агротехнологій, методичних положень розрахунків економічної та біоенергетичної оцінки природно-техногенних комплексів. В результаті проведених досліджень сформульовані наступні висновки:

1. В лабораторних та польових дослідженнях встановлено ряд важливих наукових положень і практичних позицій щодо моделі агроєкосистем на базі оптимальних фізико-механічних параметрів ґрунтового середовища, модернізації прийомів обробітку ґрунту в напрямку покращення протиерозійної стійкості і підвищення родючості ґрунтів, мінеральних добрив на урожайність культур сівозміни і їх фізичну окупність, залежності біологічної активності ґрунту від прийомів основного обробітку, формування видового складу і ступеня забур'яненості ланок сівозміни та оцінки економічної і енергетичної ефективності комплексу агросистемних заходів.

2. Детальне вивчення твердості ґрунту в різних природно-техногенних комплексах показало, що ця фізична характеристика найбільш адекватно і синхронно реагувала на чергування культур в сівозміні, прийоми основного обробітку ґрунту та на різні складові елементи техноземів в процесі рекультивації. При цьому, в 5-ти пільних сівозмінах зерно-паро-просапній та зерно-просапній найбільші показники твердості спостерігалися на фоні мінімалізації основного обробітку ґрунту, де вони були після чизельного обробітку, мілкового дискового розпушення та технології No-till протягом вегетації культур сівозміни на 12,4–49,1 % більше порівняно з оранкою. Спостереження за динамікою твердості в паровому полі підтвердило достатньо

високу буферну здатність чорнозему протягом всього періоду знаходження поля під паром. Також, важливим явищем слід вважати достатньо тривалу позитивну післядію парового поля на наступні культури сівозміни, де показники твердості були нижчими на 4,3–25,4 % порівняно із сівозміною без парового поля.

3. У зв'язку з загальною тенденцією ущільнення ґрунтів актуального значення набуває питання глибини обробітку ґрунту. В паровому полі та при вирощуванні гороху, пшениці озимої, соняшнику, ячменю ярого, кукурудзи на зерно зростання щільності складення ґрунту спостерігалось за вектором від оранки до No-till на 0,08–0,16 г/см³ та від початку до завершення вегетаційного періоду 0,15–0,21 г/см³. Збільшення глибини оранки в 4-х пільній сівозміні з 12–14 см до 25–27 см супроводжувалося стійким зниженням щільності складення ґрунту в усіх полях сівозміни протягом вегетаційного періоду на 0,12 г/см³. Контролювання щільності складення ґрунту в системі рекультивованих територій показало, що домінуючим фактором визначення є субстрат технозему. А саме, щільність складення насипного родючого шару ґрунту (чорнозем) становила протягом вегетаційного сезону – 1,09–1,38 г/см³, лесоподібного суглинку – 1,20–1,44 г/см³, червоно-бурої глини – 1,23–1,42 г/см³, сіро-зеленої глини – 1,25–1,47 г/см³.

4. Сівозміни, прийоми основного обробітку ґрунту та рекультиваційні моделі відновлених агроландшафтів мають значний вплив на вологорегулювання в агроценозах. В сівозміні на староорних землях найбільші запаси доступної вологи в ґрунті на початку весняно-польових робіт накопичувалися в посівах пшениці озимої, соняшника та кукурудзи на зерно, а на рекультивованих ландшафтах – в моделі з насипним чорноземом. Вологорегулююче значення основного обробітку ґрунту проявлялось на всіх культурах сівозміни і полягало в зростанні запасів вологи в ґрунті із збільшенням глибини його розпушення як в полицевому, так і безполицевому варіантах.

5. Системний аналіз вологоспоживання в агроценозі показав, що за рахунок попередників можливо додатково задіяти 40–55 мм вологи, ефективного знищення бур'янів – 55–80 мм, основного обробітку ґрунту – 10–25 мм,

оптимізації поживного режиму – 10–15 мм. З метою упорядкування та дотримання точності термінологічного визначення і фізичного змісту процесів трансформації води в агроценозах пропонується включити до методики розрахунків коефіцієнт водно-фізичної пропорції, який дає можливість з високою точністю врахувати всі існуючі нормативи і коректно описати динаміку вологи в ґрунті.

6. Найбільш ефективними методами підвищення протиерозійного потенціалу ґрунтів та попередження їх змиву є сільськогосподарські культури суцільного способу сівби та система ґрунтозахисного обробітку на основі мілкого розпушення і використання захисного мульчувального екрану. Порівняно з найбільш ерозійно небезпечною ланкою сівозміни – оранкою в полі чорного пару, чизельний, дисковий обробітки і технологія No-till під пшеницю озиму і ячмінь ярий значно підвищують потенціал протиерозійної стійкості ґрунту та знижують інтенсивність змиву чорнозему в дослідні пастки з 61 г/м² до 19–35 г/м² або з 1220 кг/га до 380–740 кг/га.

7. За умов інтенсивної диверсифікації аграрного виробництва та концентрації ринків новим змістом наповнюється поняття сівозмін та системне чергування культур. На перший план виступає вже не залежність урожайності культури від попередника, а допустимість насичення їх токсикантами гербіцидного походження. На заваді неконтрольованого рівня поширення гербіцидів повинно стати науковообґрунтоване чергування пестицидомістких (кукурудза, соняшник) та фітоценотичностійких (пшениця озима) культур. Для подолання негативної післядії гербіцидів на культури в сівозміні необхідно ввести в практику землеробства облік використаних гербіцидів в кожній ротаційній ланці. Для запобігання еволюційного виникнення гербіцидоімунітету необхідно через кожні 10 років змінювати фітотоксичну концепцію на основі нових механізмів депресії бур'янів.

8. Найбільш збалансована в екологічному і господарському плані система ефективного контролювання забур'яненості повинна базуватись на таких технобіогенних параметрах: посівна площа різних просапних культур в

структурі розміщення не більше 35–38 %, обсяги використання гербіцидів на посівах просапних культур до 75–85 %, суцільного способу сівби 55–60 %, оранка на площі – 20–25 %, технологія No-till – 10–15 % та 60–70 % інші прийоми мінімалізації обробітку ґрунту.

9. Встановлено значний вплив фактичної забур'яненості посівів та насіннєвого банку бур'янів, прийомів основного обробітку ґрунту, добрив та попередників на врожайність культур. Основною причиною високої шкодочинності бур'янів є потенційна забур'яненість ґрунтів, яка на землях активного сільськогосподарського використання сягає 452 млн насінин на 1 га, на рекультивованих ділянках з використанням гірничорудних порід – 188 млн шт./га та природних агроєкосистемах – 11 млн шт./га. В агросистемах вирішальним фактором ефективного регулювання потенційної забур'яненості є фітоценотична стійкість посівів, прийоми основного обробітку ґрунту та заходи щодо попередження генеративної продуктивності бур'янів.

10. Характер розподілу насіння бур'янів в орному шарі виявився визначальним фактором формування ступеня забур'яненості в посівах пшениці озимої, кукурудзи на зерно і соняшника. Як виявилось така диференціація насіння бур'янів в ґрунті внаслідок різної глибини в чорному пару створила передумови за яких в посівах пшениці озимої діапазон забур'яненості вкладався в межах 10,6 шт./м² при глибині обробітку на 25–27 см, 17,4 шт./м² – на 20–22 см, 25,7 шт./м² – на 12–14 см, відповідно. Комплексний вплив забур'яненості посівів та агрофізичних показників викликав відповідну ростову реакцію пшениці озимої на ці фактори, що дозволило одержати врожайність зерна цієї культури в межах 3,57–4,62 т/га.

11. Сильнодіючим фактором формування кількісного та видового складу бур'янів виявилися різні моделі техноземів, де рівень забур'яненості посівів тонконогово-бобових сумішків на насипному родючому шарі ґрунту – 81 шт./м², лесоподібний суглинок – 66 шт./м², червоно-бура глина – 50 шт./м², сіро-зелена глина – 53 шт./м², при цьому врожайність сухої маси багаторічних трав становила – 4,73; 4,66; 4,37; 4,51 т/га, відповідно.

12. Проведені дослідження з вивчення ефективності гербіцидного захисту посівів пшениці озимої, соняшнику та кукурудзи на зерно від бур'янів показали, що урожайність цих культур знаходилася в закономірній залежності від ступеня забур'яненості посівів та фітотоксичної ефективності проти бур'янів. Максимальний приріст урожайності зерна 0,84 т/га було забезпечено порівняно з контролем при обробці посівів пшениці озимої сумішком гербіцидів Гранстар Голд 30 г/га + Хаммер 20 г/га. Згідно з оптимізованими параметрами використання гербіцидів дозволило забезпечити зростання урожайності насіння соняшнику до 2,44–2,54 т/га, кукурудзи на зерно – 9,66–10,16 т/га, при технічній ефективності гербіцидів 92,7–95,8 %.

13. В результаті вивчення проблеми розповсюдження вовчка соняшникового встановлено закономірність зростання забур'яненості цим паразитом паралельно із зменшенням інтервалу між посівами соняшнику в сівозміні. Максимальна небезпека ураження соняшника вовчком проявилася в короткоротаційній сівозміні (пшениця озима – соняшник) та в беззмінних посівах, де було уражено 16,0–32,4 % рослин соняшнику. Максимальна шкодочинність від вовчка соняшникового була зафіксована при оранці – 1,2–8,3 шт./рослину, що перевищувало аналогічний показник за дискового обробітку ґрунту та за технологією No-till в 1,2–1,6 рази. Максимальна врожайність насіння соняшнику – 2,92–2,95 т/га – була досягнута у 8- та 5-пільних сівозмінах при полицевому обробітку ґрунту.

14. В 5-пільній сівозміні з вивчення тривалого впливу мінеральних добрив, прийомів обробітку ґрунту на вміст основних елементів живлення в чорноземі звичайному показало, що агрохімічні параметри знаходились під комплексним впливом організаційних і технологічних прийомів. Систематичне внесення мінеральних добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ під основні культури сівозміни супроводжувалось зростанням вмісту азоту, фосфору і калію на всіх фонах основного обробітку ґрунту в кожному з полів зерно-паро-просапної сівозміни. Вирощування сільськогосподарських культур в сівозміні без компенсації виносу поживних речовин урожаєм приводило до зниження вмісту основних елементів живлення

в ґрунті на 9–30 %. Збільшення тривалості беззмінного використання безполицевих прийомів обробітку ґрунту викликало посилення диференціації орного шару за агрохімічними параметрами з підвищенням концентрації поживних елементів у верхньому шарі ріллі. При значній мінливості показників вмісту азоту, фосфору і калію в ґрунті під впливом комплексу агротехнологічних заходів чорнозем звичайний відрізнявся достатньо високою стійкістю і здатністю підтримувати високий рівень урожайності культур в сівозміні.

15. Орний шар чорнозему за умов акумуляції біорешток продуктованих сільськогосподарськими культурами забезпечує стійку тенденцію до зростання вмісту гумусу при широкому спектрі агротехнологічних модифікацій. Розподіл надземних біорешток та відмерлої кореневої системи рослин в орному шарі ґрунту відбувався таким чином, що зростання показників вмісту гумусу спостерігалось по всьому профілю ріллі. Найбільш активно процеси гуміфікації проходили у верхньому 0–10 см шарі, де вміст гумусу зростав до 4,45–4,70 %. В менш активному 0–30 см шарі за період досліджень гумус також зростав до 4,05–4,08 % як на фоні оранки, так і мінімалізації обробітку ґрунту.

16. Біологічна активність ґрунту є похідним чинником, який різною мірою залежить від особливостей технології вирощування культур сівозміни, наявності в чорноземі органічної речовини рослинних решток, рівня ущільнення орного шару та прийомів основного обробітку. Застосування оранки, завдяки створенню сприятливих умов для розповсюдження кореневої системи сільськогосподарських культур в ґрунті, достатній аерації і поліпшенню водно-фізичних властивостей, забезпечило максимальну біологічну активність ґрунтової біоти під всіма культурами сівозміни на рівні 409–503 мг/м² CO₂.

17. Спостереження за біотестовими показниками на всіх етапах росту та розвитку кукурудзи показали, що мінімізація обробітку ґрунту знижувала польову схожість, висоту рослин, площу листової поверхні, кількість качанів на 100 рослин і масу 1000 зерен. Вже у фазі 7–8 листків при оранці кукурудза була на 3,0–4,9 см вищою за рослини при мінімалізації обробітку і після завершення лінійного росту кукурудза досягла площі листків 23,6 тис. м²/га після оранки

порівняно з 22,7 тис. м²/га за технології No-till. У середньому мінімізація обробітку ґрунту призвела до зниження врожайності: оранка та чизельний обробіток сприяли одержанню стабільної врожайності зерна кукурудзи на рівні 6,62–6,99 т/га, дискування та безпосередня сівба регулярно поступалися на 0,35–0,88 т/га.

18. Запропонована система класифікації природно-техногенних комплексів вирощування сільськогосподарських культур відповідає новітнім змінам засобів виробництва у землеробстві, вперше поряд з експлуатаційними завданнями поєднує екологічні функції сільського господарства, дозволяє провести чіткі фізичні контури між різними технологіями, може бути використана в навчальних програмах та стати важливим елементом в аграрній науці і практиці.

19. Проведені виробничі дослідження за темою дисертації в господарствах степової зони України в повному обсязі підтвердили високу ефективність рекомендованих агротехнологій на базі короткоротаційних сівозмін, ґрунтозахисних прийомів обробітку, високоефективних екологічно безпечних гербіцидів та посилення протиерозійної стійкості ґрунту. Такі технологічні заходи забезпечили одержання урожайності пшениці озимої 6,16–6,24 т/га та 3,01–3,64 т/га насіння соняшника.

20. В економічному форматі важливим є показник прибутковості виробничої діяльності, який виражає ефективність використання ріллі. Аналіз комплексної економічної оцінки показав, що зростання економічної ефективності прийомів основного обробітку і добрив в сівозміні не завжди співпадає з екологічними проблемами щодо збереження ґрунтів і скорочення енергетичних витрат на виробництво. Завдяки високій зерновій продуктивності і ринковій цінності маслонасіння найбільш рентабельними виявились соняшник (297,2 %), пшениця озима (212,7 %) і кукурудза на зерно (204,4 %).

21. Біоенергетичний аналіз технологічних витрат сукупної енергії в наших дослідженнях залежно від культури, прийомів основного обробітку ґрунту і застосування мінеральних добрив розташовуються в діапазоні 5,9–13,0 ГДж, то

накопичена фотосинтетична енергія в урожаї перевищує ці показники в 5,6–5,7 рази (коефіцієнт енергетичної ефективності). Одним з найбільш енергомістких в технологіях вирощування сільськогосподарських культур є застосування мінеральних добрив. Так, при вирощуванні пшениці озимої внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$ супроводжувалось зростанням енерговитрат з 10,3 до 11,7 ГДж. Досягнення скорочення витрат енергії, закладеної в засоби виробництва, можна здійснити за рахунок мінімізації основного обробітку ґрунту шляхом впровадження замість оранки чизелювання або технології No-till. При цьому показники технологічних витрат енергії знижувалися на 0,8–1,7 ГДж.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою ефективного використання ресурсів та досягнення високого рівня продуктивності ріллі для господарств степової зони України рекомендується:

1. В зв'язку з проявом деградаційних процесів та загостренням екологічної ситуації, а також глобальним потеплінням клімату в господарствах з високим ступенем потенційної забур'яненості, погіршенням агрофізичного стану ґрунтів, інтенсивним зневодненням в природно-техногенних системах для радикального покращення виробничих та екологічних показників доцільно впроваджувати чорний пар (8–12 % в структурі посівних площ) на базі різних прийомів основного обробітку ґрунту на глибину 12–27 см (оранка, чизельний обробіток, дисковий обробіток) та технології No-till.

2. Для досягнення оптимальної структури посівних площ і виходу на збалансовані показники зернової продукції в господарствах посушливої зони перевагу надавати короткоротаційним сівозмінам з найбільш продуктивними та адаптивними параметрами в 5-пільних сівозмінах: чорний пар або горох–пшениця озима–соняшник–ячмінь ярий–кукурудза на зерно.

3. За тривалого впровадження мінімальних прийомів основного обробітку ґрунту та його надмірного ущільнення необхідно з інтервалом 3–5 років періодично проводити інтенсивне розпушення за допомогою оранки на глибину – 23–25 см під соняшник та кукурудзу на зерно, які повинні займати в агротехнологічній структурі вирощування 20–25 %.

4. При освоєнні технології No-till слід враховувати, що цей енерго-економний прийом в повній мірі проявляє свою перевагу за сівби озимих зернових культур та на ерозійно-небезпечних ділянках на площі до 15 % від загальної в господарстві.

5. З метою підтримання високої відновлювальної функції ґрунтів, активізації процесів гуміфікації використовувати рослинні рештки попередників масою від 2,5 до 5,0 т/га в поєднанні з дисковим, чизельним обробітками та No-till технології.

6. Підтримання високого рівня фітосанітарної безпеки в системі контролювання бур'янів найбільш ефективним слід вважати застосування гербіцидів з широким фітотоксичним спектром проти найбільш шкодочинних бур'янів: в посівах пшениці озимої – суміш гербіцидів Гранстар Голд, в.г. (трибенурон-метил – 562,5 г/кг, тифенсульфурон-метил – 187,5 г/кг) і Хаммер, в.г. (флорасулам – 250 г/кг) у співвідношенні норм 25+20 г/га з ПАР Тренд 90, в.р. в нормі 0,3 л/га; в посівах кукурудзи на зерно – загальновинищувальний гербіцид Раундап Макс, р.к. (551 г/л у формі калійної солі гліфосату) в нормі 4 л/га в системі чорного пару з технологічним поєднанням в посівах в фазу 4–5 листків культури нікосульфурону (40 г/га) + 2,4-Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га) або нікосульфурон (40 г/га)+тифен-сульфурон метил (10 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га); в посівах соняшнику ґрунтові гербіциди Прімекстра TZ Gold 500 SC, к.с. (S-металохлор, 312,5 г/л + тербутилазин, 187,5 г/л) в нормі 4,5 л/га або Аспект Про 533 SC, к.с. (тербутилазин, 333 г/л + флуфенацет, 200 г/л) в нормі 2,2 л/га, страховий гербіцид в фазі 2–3 пари листків рослини Геліантекс, к.с. (галауксифен-метил, 68,5 г/л) в нормі 0,045 л/га з ПАР Віволт в нормі 0,3 л/га, а при застосуванні технології No-till вносити гербіцид Раундап Макс, р.к. (551 г/л у формі калійної солі гліфосату) в нормі 4 л/га в післязбиральний період попередника.

7. З метою удосконалення методики проведення науково-дослідних робіт рекомендувати:

а) для упорядкування та дотримання точності термінологічного визначення фізичного змісту процесів трансформації води в агроценозах пропонується включити до методики розрахунків коефіцієнт водно-фізичної пропорції;

б) запровадити оригінальну методику контролювання горизонтального руху ґрунту і води для вивчення протиерозійної стійкості чорнозему;

в) освоїти систему класифікації технологій вирощування сільськогосподарських культур, яка відповідає новітнім змінам засобів виробництва у землеробстві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель. За ред. В. П. Патики, О. Г. Тараріко. Київ : Фітосоціоцентр, 2002. 296 с.
2. Агроекономічне та екологічне оцінювання сівозміни : наукове видання [Електронний ресурс] / О. В. Харченка, Ю. Г. Міщенко, І. М. Масик [та ін.]. Суми : Мрія. 2015. 70 с.
3. Агрокліматичний довідник по території України / за ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіді, А.Л. Прокопенко. Кам'янець-Подільський, 2011. 107 с.
4. Адаменко Т. І. Зміна агрокліматичних умов і їх вплив на зернове господарство України. Погода і зернове господарство України : матеріали наради-семінару. Дніпропетровськ, 2004. С. 3–6.
5. Адаменко Т. І. Зміна агрокліматичних умов та їхній вплив на зернове господарство України. *Агроном*. 2006. № 4 (14) С. 12–13.
6. Адаменко Т. І. Кліматичні умови України та можливі наслідки потепління клімату. *Агроном*. 2007. № 1. С. 8–9.
7. Алексєєв О. О. Механізм відтворення і збереження ґрунтів у системі органічного землеробства. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 18. С. 184–197.
8. Андрієнко А., Андрієнко О. Рослинні рештки під соняшник. *The Ukrainian Farmer*. 2011. № 4 С. 56–59.
9. Андрусевич К. В. Екоморфічна характеристика ґрунтової мезофауни дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах ділянки рекультивації Нікопольського марганцеворудного басейну. *Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону*. Донецьк. 2013. Т. 3, № 1. С. 66–73.
10. Артеменко С. Зміни кліматичних умов і заходи вирішення проблеми. *Пропозиція*. 2020. № 4. С. 32–34.

11. Астахова Я. В. Особливості росту і розвитку рослин пшениці озимої залежно від сорту, строку сівби та попередника в північному степу України. *Зернові культури*. Дніпро, 2022. Т. 6. № 1. С. 140–147.
12. Атлас почв УССР. Київ: Урожай, 1979. 160 с.
13. Ачасов А. Б., Сєдов А. О., Ачасова А. О. Методичні основи використання БПЛА для контролю забур'яненості посівів. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2018, 1–2 (29). С. 21–28.
14. Бабенко А. І., Танчик С. П. Особливості захисту посівів сільськогосподарських культур від бур'янів за умов органічного землеробства. *Карантин і захист рослин*. Київ, 2016. № 2–3. С. 38–40.
15. Балюк С. А., Кучер А. В., Максименко Н. В. Ґрунтові ресурси України: стан, проблеми і стратегія сталого управління. *Український географічний журнал*. 2021. № 2 (114). С. 3–11.
16. Балюк С. А., Медведєв В. В., Соловей В. Б. та ін. Український чорнозем – 140 років після В.В. Докучаєва : сучасний стан, еволюція та управління: наукова монографія. Харків, 2021. 191 с.
17. Балюк С. А., Носко Б. С., Скрильник Є. В. Сучасні проблеми біологічної деградації чорноземів і способи збереження їх родючості. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2016. № 1. С. 11 – 17.
18. Балюк С. А., Трускавецький Р. С. Ґрунтознавство в Україні: досягнення, пріоритети та перспективи. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2021. № 12. С. 18– 27.
19. Балюк С. А. Меліорація ґрунтів: систематика, інновації, перспективи: колективна монографія; за ред. С. А. Балюка, М. І. Ромащенко, Р. С. Трускавецького. Київ, 2015. 667 с.
20. Балюк С.А., Мірошніченко М.М., Медведєв В.В. Наукові засади управління ґрунтовими ресурсами України. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2018. № 11 (788). С. 5–12.
21. Балюк, С., Воротинцева, Л., Соловей, В., Шимель, В. Реалії українського чорнозему: сучасний стан, еволюція, охорона та стале управління. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2023. 101 (3), 5–13.

22. Бараев А. И. Теория и практика земледелия засушливых районов. *Вестник с.-х. науки Казахстана*. Алма-Ата, 1981. № 6. С. 3–8.
23. Бегей С. С., Карасевич Н. В. Водно-фізичні властивості ґрунту під різнокомпонентними травосумішками на еродованих схилових землях Передкарпаття. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво: міжвід. темат. наук. зб.* Львів; Оброшине, 2022. Вип. 72, ч. 1. С. 7–20.
24. Безпалько В. В., Жукова Л. В. Екологічна безпека сучасних систем захисту рослин. *Інженерія природокористування*. 2020. № 4. С. 133–138.
25. Бекаревич М. О., Масюк М. Т. Техногенні екосистеми та основні напрямки їх оптимізації. *Біогеоценологічні дослідження на Україні: тези доп. респ. наради АН УРСР*. Львів, 1975. С. 166–167.
26. Белоліпський В. О., Белослудцева В. М. Прогнозування і методологія використання еродованих ґрунтів: ґрунтоводоохоронна стратегія. *Зб. Наукових праць Луганського нац. аграрного ун-ту*. Луганськ, 2006. № 61/84. С. 64–66.
27. Бент О. Й. Техногенні родовища і приріст запасів корисних копалин. *Мінералогічний журнал*. 1996. № 6 (18). С. 81–84.
28. Бережняк Є. М. Протиерозійна стійкість чорноземів типових Правобережного Лісостепу за різних агротехнічних заходів: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2007. 20 с.
29. Білоножко М. А., Шевченко В. П., Алімов Д. М. та ін. Рослинництво. Інтенсивна технологія вирощування польових і кормових культур: Навчальний посібник. К. : Вища школа, 1990. 292 с.
30. Бойко В. І., Лебідь Є. М., Рибка В. С. та ін. Економіка виробництва зерна (з основами організації і технології виробництва): [монографія] К. : ННЦ ІАЕ УААН. Київ, 2008. 400 с.
31. Бойчук О. В. Вплив обробітку ґрунту на його родючість та продуктивність коротко ротаційної плодозмінної сівозміни Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2015. 23 с.

32. Бондарчук І. Л. Закономірності формування агрофітоценозів кукурудзи і його бур'янового компонента при традиційній і No-till технологіях, ефективна система контролюю. *Посібник українського хлібороба (науково-виробничий щорічник)*. Київ, 2010. № 1. С. 101–104.
33. Борзих О. І., Сергієнко В. Г., Сторчоус І. М. Дослідження післядії гербіцидів на основні сільськогосподарські культури. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2022. Т. 100. № 4 (829). С. 30–40.
34. Борис Н. Є. Продуктивність кукурудзи за різних способів основного обробітку ґрунту та сівби в коротко ротаційній сівоzmіні Правобережного Лісостепу: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Чабани, 2017. 21 с.
35. Борисоник З. Б. Обробіток ґрунту і боротьба з ерозією. Наукові основи землеробства і тваринництва в зоні Степу УРСР. К.: Урожай, 1964. С. 60–71.
36. Борисоник З. Б. Ткалич І. Д., Науменко А. Н. и др. Подсолнечник. К.: Урожай, 1985. 460 с.
37. Браженко І. П., Райко О. П., Удовенко К. П. Біоенергетична оцінка польових культур. *Вісник аграрної науки*. Київ, 1996. № 10. С. 22–27.
38. Будьонний Ю. В., Шевченко М. В. Вплив довготривалого застосування різних способів основного обробітку ґрунту на зміну забур'яненості та врожайності культур ланки сівоzmіни. Забур'яненість посівів та засоби і методи її зниження. К. : Світ, 2002. С. 7–11.
39. Булигін С. Ю. Формування екологічно сталих агроландшафтів К. : Урожай, 2005. 300 с.
40. Бурдуланюк А. О., Мисник Я. С. Амброзія полинолиста – небезпечний карантинний бур'ян сумської області. Проблеми екології та екологічно орієнтованого захисту рослин: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. фак-ту захисту рослин Харків. нац. аграр. ун-ту ім. В.В. Докучаєва (17–18 жовт. 2019 р.). Харків: Друкарня Мадрид, 2019. С. 16–18.
41. Буряк Є. О., Забалуєв В. О. Зміна родючості техноземів за тривалого сільськогосподарського використання рекультивованого залізнорудного

шламосховища в умовах степу України. *Рослинництво та ґрунтознавство*. Київ, 2020. Том 11, № 3. С. 88–96.

42. Бутило А. П. Землеробство : Практикум для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» з напрямку 6.090101 «Агрономія». Умань, 2013. 123 с.
43. Вавринович О. В., Качмар О. Й., Дубицький О. Л., Дубицька А. О. Вплив сівозмінного фактора на гербологічний стан посівів зернових та зернобобових культур. *Захист і карантин рослин: міжвід. темат. наук. зб.* Київ, 2018. Вип. 64. С. 24–33.
44. Василішин С. І., Винограденко С. О., Дьяконов С. О. Потенціал виробництва кукурудзи на зерно в контексті зміцнення продовольчої безпеки України та світу. *Таврійський науковий вісник* : Херсон, 2022. Вип. 12: Економіка. С. 10–19.
45. Вахній С. П., Скалига О. С. Зміна агрофізичних властивостей ґрунту й урожайності зерна ячменю залежно від систем обробітку ґрунту у плодозмінній сівозміні центрального Лісостепу України. *Наук. пр. Полтавської ДАА. Ч. (23)*. Полтава, 2005. С. 167–170.
46. Вергунов В. А. Актуальні проблеми неупередженого дослідження історії українського ґрунтознавства. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Харків, 2007. Вип. № 67. С. 147–155.
47. Вергунова І. М. Основи математичного моделювання для аналізу та прогнозу агрономічних процесів. Київ: 2000 Нора-прінт. 146 с.
48. Вильямс В. Р. Собранные сочинения в 12 томах, т. XI. М.: Гос. Издательство с.-х. литературы, 1952. 356 с.
49. Вожегова Р. А., Голобородько С.П., Димов О. М. Агробіологічні основи відтворення родючості деградованих земель у південному Степу України: монографія. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. 282 с.
50. Волох П. В. Оценка качества рекультивированных земель. Земельные ресурсы Украины : рекультивация, рациональное использование и охрана.

Материалы Международной научной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Н. Е. Бекаревича. Днепропетровск, 1996, С. 72-74.

51. Войтовик М. В., Панченко О. Б., Примах І. Д., Цюк О. А. Порівняльна оцінка агрофізичних властивостей за різних технологій обробітку ґрунту в сівозміні. *Наукові доповіді НУБіП України*. № 6/106, Київ, 2023.
52. Гаврилов С. Як запобігти промиванню гербіцидів. *Пропозиція*. Київ, 2021. № 3. С. 88–89.
53. Гаврилюк М. Урожай 8,0–10,0 т зерна пшениці озимої стає нормою. *Пропозиція*. Київ, 2020. № 4. С. 35–37.
54. Гаврюшенко О. О. Агроекологічне обґрунтування динаміки едафічних характеристик рекультивованих земель при їх сільськогосподарському освоєнні в Нікопольському марганцеворудному басейні : дис. ... канд. с.-г. наук : [спец]. 03.00.16. Екологія. О. О. Гаврюшенко ; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. Дніпро : ДДАЕУ, 2017. 138 с.
55. Гадзало Я. М., Ібатуллін І. І., Лузан Ю. Я. Інституціональне забезпечення функціонування продовольчої системи України в сучасних кризових умовах. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2022. № 8. С. 5–15.
56. Гангур В. В., Космінський О. О., Лень О. І., Тоцький В. М. Вплив удобрення на продуктивність соняшнику та якість насіння. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2022. № 2. С 50–56.
57. Гангур В. В., Котляр Я. О. Вплив попередників на водоспоживання та продуктивність пшениці озимої в зоні Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2021. № 1. С. 122–127.
58. Гангур В. В., Сахацька В. М. Мікробіологічна активність ґрунту за різних способів обробітку. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2019. № 4. С. 13–19.
59. Геллер И. А. Роль микроорганизмов в плодородии почвы и питании сельскохозяйственных растений. Пути повышения плодородия почв. К, 1969. С. 59–66.

60. Годулян И. С. Озимая пшеница в севооборотах. Днепропетровск : Промінь, 1974. 174 с.
61. Голомба Р. А. Методика економічної оцінки структури площ та сівозміни. К., 1966. 7 с.
62. Горбатенко А. І. Горобець А. Г., Цилюрик О. І., Компанієць В. О. Ефективність раннього пару в Степу України. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2008. № 9. С. 10–13.
63. Горбатенко А. І., Горобець А. Г., Цилюрик О. І. Водний режим ґрунту і урожайність озимої пшениці за різних способів обробітку чистого пару. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. Дніпропетровськ, 2008. № 33–34. С. 7–11.
64. Горбатенко А. І., Горобець А. Г., Цилюрик О. І. Ефективний спосіб накопичення вологи в ґрунті парового поля. *Аграрна наука – виробництву*. Київ, 2009. № 2. С. 4.
65. Горбатенко А. І., Горобець А. Г., Цилюрик О. І. Система обробітку ґрунту в сівозмінах. Система ведення сільського господарства Дніпропетровської області. Дніпропетровськ. : ІЗГ УААН, 2005. С. 40–48.
66. Горбатенко А. І., Горобець А. Г., Цилюрик О. І., Кротінов І. В. Контролювання бур'янів за різних способів обробітку чорного пару. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. Дніпропетровськ, 2007. № 30. С. 51–56.
67. Горбатенко А. І., Горобець А. Г., Цилюрик О. І. Вплив способів основного обробітку чистого пару на агрофізичний стан ґрунту і урожайність озимої пшениці. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. Дніпропетровськ, 2010. № 38. С. 40–45.
68. Гордієнко В. П. Ґрунтова волога. Сімферополь : «Предприятие Феникс», 2008. 368 с.
69. Гордієнко В. П., Геркіял О. М., Опришко В. П. Землеробство. К. : Вища школа, 1991. 268 с.

70. Гордієнко В. П., Недвига М. В., Осадчий О. С., Осінній М. Г. Основи ґрунтознавства і землеробства. Київ: Фенікс, 2000. 390 с.
71. Горобець А. Г., Цилюрик О. І., Горбатенко А. І., Судак В. М. Вологозабезпеченість та урожайність польових культур за різних систем обробітку ґрунту в сівозміні. *Бюл. Ін-ту сільського господарства степової зони НААН України*. Дніпропетровськ, 2011 .№ 1. С. 20–25.
72. Грабак Н. Х. Нульовий обробіток ґрунту та аспекти його застосування в Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв, 1988. № 3. С. 65–68.
73. Грабак Н. Х., Безручко І. Н., Дзюбинський Н. Ф., Тарарико А. Г., Миронов Г. І., Корчева І. А., Стрельченко В. П. Система обробки почвы. *Справочник по почвозащитному земледелию*. К. : Урожай, 1990. С. 72–98.
74. Грабовський М. П. Содові солонці Лісостепу України, їх меліорація та сільськогосподарське використання. Київ : Фітосоціоцентр, 2003. 192 с.
75. Грановська Л. М., Вожегова Р. А. Деградація ґрунтів в умовах південного степу України: причини, наслідки та заходи з їх попередження. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво: міжвід. темат. наук. зб.* Львів; Оброшине, 2020. Вип. 68, ч. 1. С. 82–96.
76. Грицаєнко З. М. Гербіциди і продуктивність сільськогосподарських культур. Умань, 2005. 686 с.
77. Грицюк Н. В., Довбиш Л. Л., Бакалова А. В., Пузняк О. М. Забур'яненість короткоротаційної сівозміни залежно від системи удобрення на дерново-підзолистих ґрунтах. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2022. № 1. С. 77–83.
78. Ґрунтові деградації і технології відтворення родючості ґрунтів : навчальний посібник для підготовки фахівців ОС "Магістр" зі спеціальності 201 «Агрономія» (освітня програма «Агрохімія і ґрунтознавство») / В. О. Забалуєв [та ін.] ; За ред. В. О. Забалуєва. К. : Видавничий центр НУБіП України. Київ, 2023. 240 с.

79. Гунько Л., Бережна К. Проблеми щодо рекультивації порушених земель в Україні. *Використання й охорона земельних ресурсів: актуальні питання науки та практики*: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернетконф. (Дубляни, 19 трав. 2021 р.). Дубляни, 2021. С. 28–30.
80. Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова: ДСТУ 4115-2002 (зі скасуванням в Україні ГОСТ 26204-91 та ОСТ 46 41-76). К.: Держспоживстандарт України, 2002. 12 с. (Національні стандарти України).
81. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні. Монографія. За ред. доктора с.-г. наук, проф. М. К. Шикули. К.: Оранта, 2000. 389 с.
82. Ґрунтознавство з основами географії ґрунтів: навч. посіб. Г.М. Мачульський, О. В. Пінчук. GlobeEdit, 2023. 127 с.
83. Гуртовенко В., Цюк О. Ефективність ґрунтового захисту посівів соняшнику в умовах лісостепу України. Матеріали конференцій МЦНД, (26.08.2022; Чернівці, Україна), 2022. 231–233.
84. Гутянський Р. А., Зуза В. С. Ефективність застосування післясходових гербіцидів у посівах кукурудзи на зерно в східному лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2022. Т. 100. № 9. С. 34–42.
85. Демиденко О. В. Ґрунтоутворення в агроценозах при мінімальному обробітку чорноземів. *Посібник українського хлібороба* (науково-виробничий щомісячник). Київ, 2010. № 1. С. 108–112.
86. Демидов О. А., Кобець А. С., Грицан Ю. І., Жуков О. В. Просторова агроекологія та рекультивація земель: монографія. Дніпропетровськ : Вид-во «Свідлер А.Л.», 2013. 560 с.
87. Демидов О. А. Удосконалення класифікації рекультивованих ґрунтів. *Наукові доповіді НУБіП України*. Київ, 2014. № 1.
88. Демидов О.А. Рекультивація земель: агроекологічний напрям досліджень. *Вісник ДДАЕУ*. Дніпропетровськ, 2012. №1. С. 11–16.
89. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2014 рік. Київ, 2014. 332 с.

90. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2018 рік. Київ, 2018. 447 с.
91. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2023 рік. Київ, 2023. 562 с.
92. Десятник Л. М., Кротінов І. В. Структурно-агрегатний склад ґрунту після різних попередників та систем основного обробітку ґрунту у південно-східній частині степу України. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 1999. № 10. С. 25–29.
93. Дідора В. Г. Смаглий О. Ф., Ермантраут Е. Р. та ін. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посібник. К.: Центр навч. л-ри, 2013. 264 с.
94. Дмитренко В. П., Щербак Л. В., Бібік В. В. Сільськогосподарська метеорологія: термінологічний довідник. К. : *Наукова думка*, 2009. 272 с.
95. Довідник з агрохімічного та агроекологічного стану ґрунтів. За ред. Б. С. Носка. Київ: Урожай, 1994. 332 с.
96. Довідник по визначенню якості польових робіт / За ред. В. Ф. Сайка. К. : Урожай, 1987. 120 с.
97. Доля М. М., Мороз М. Ю., Марковська О. С. Методологічні аспекти обґрунтування заходів захисту сільськогосподарських культур від шкідників при No-till в Україні. *Таврійський науковий вісник: зб. наук. пр.* Херсон, 2019. № 108. С. 19–25.
98. ДСТУ 7863:2015 Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда. Київ: УкрНДНЦ, 2016. 9 с.
99. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини. Чинний від 2005-07-01. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт, 2005. 14 с.
100. ДСТУ 4362:2004 Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. Київ: Держспоживстандарт України, 2006.
101. ДСТУ 4691:2006 Землеробство. Терміни та визначення понять. К. : Держспоживстандарт України, 2008. 37 с.
102. ДСТУ ISO 10390:2007. Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:2005, IDT). Чинний від 2009-10-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 4 с.

103. Дудка Є. Л., Пінчук Н. І., Солоний П. В. Інтегрований захист кукурудзи від шкідників і хвороб. *Захист і карантин рослин*. К., 2007. Вип. 53. С. 298–309.
104. Дудка О. А., Павлов О. С. Урожайність, економічна та енергетична ефективність вирощування пшениці ярої за різних систем землеробства в правобережному лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*: [зб. наук. пр.]. Херсон, 2022. Вип. 126: с.-г. науки. С. 39–44.
105. Екологічні проблеми землеробства : підручник. [В. П. Гудзь, М. Ф. Рибак, М. М. Тимошенко та ін.] ; за ред. В. П. Гудзя. Житомир : ЖНАЕУ, 2010. 708 с.
106. Економіка виробництва зерна (з основами організації і технології виробництва): монографія / [В. І. Бойко, Є. М. Лебідь, В. С. Рибка та ін.]; за ред. В. І. Бойка. К.: ННЦ ІАЕ, 2008. 400 с.
107. Ермантраут Е. Р., Бобро М. А., Гопцій Т. І. Методика наукових досліджень в агрономії. Навчальний посібник. Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва. Харків, 2008. 64 с.
108. Єщенко В. О. та ін. Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця: Едельвейс і . К. 2014. 331 с.
109. Єщенко В. О., Коваль Г. В., Калієвський М. В. Причини зниження урожайності польових культур на фоні плоскорізного основного обробітку ґрунту. *Агробіологія*: зб. наук. пр. Біла Церква, 2021. № 1 (163). С. 49–58.
110. Жемела Г. П. Справочник по качеству зерна. К. : Урожай, 1983. 176 с.
111. Жемела Г. П., Мусатов А. Г. Агротехнические основы повышения качества зерна. К. : Урожай, 1989. 160 с.
112. Жолобецький Г. Андрій Кедич: «Аграрії мають адаптувати свої технології під зміни клімату». *Agroexpert*. 2020. № 10. С. 40–42.
113. Жуйков О. Г., Іванів М. О., Ревтьо О. Я., Бурдюг О. О. Агротехнологічні аспекти механічного захисту рослин від бур'янів за біологізації технології вирощування соняшнику. *Аграрні інновації*. Одеса, 2021. № 5. С. 35–40.

114. Жуков А.В., Задорожная Г. А. Пространственная изменчивость твердости педоземов. *Біологічний вісник МДПУ ім. Б. Хмельницького*. 2013. № 1. С. 34–49.
115. Забарна Т. А. Вплив попередників озимої пшениці на формування водно-фізичних властивостей ґрунту. *Сільське господарство та лісівництво: зб. наук. пр.* Вінниця, 2019. № 13. С. 25–36.
116. Задорожний В., Карасевич В., Свитко С., Сокульський М., Задорожний А. Вплив тривалого застосування різних способів основного обробітку ґрунту та No-till технології на вміст гумусу в кукурудзяно-соєвій сівозміні в умовах правобережного лісостепу України. *Корми і кормовий білок: матеріали XIII Міжнар. наук. конф. з нагоди 85-ї річниці від Дня народж. академіка НААН Баби́ча А. О.* (Вінниця, 6 серп. 2021 р.). Вінниця, 2021. С. 92–94.
117. Заришняк А. С., Балюк С. А., Мірошніченко М. М., Гладкіх Є. Ю. *Наукові основи оптимізації живлення рослин у сучасних системах землеробства: наук. доповідь.* Харків, 2019. 40 с.
118. Заяц А. П. Биологические процессы и содержание питательных веществ в чернозёме типичном при плоскорезной и дисковой обработках почвы под ячмень. *Вісник аграрної науки*. Київ, 1995. № 12. С. 31–38.
119. Земельні ресурси України. За ред. В.В. Медведєва, Т.М. Лактіонової. Київ: Аграрна наука, 1998. 150 с.
120. Землеробство в умовах недостатнього зволоження (наукові та прикладні основи). За ред. В.М. Крутя, О. Г. Тараріко. К.: Аграрна наука, 2000. 80 с.
121. Зинченко В. И. Влияние способов основной и передпосевной обработки на плодородие и урожайность зернофуражных культур в степном Крыму: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. с.-х. наук: спец 06.01.01 «Общее земледелие». Полтава., 1985. 21 с.
122. Иванов В. Т., Васецкая А. Н. О разнокачественности слоев пахотного горизонта при отвальной и почвозащитной обработке почвы. *Вестник с.-х. науки Казахстана*, 1977. № 5. С. 39–41.

123. Измаильский А. А. Влажность почвы и грунтовые воды. 1894. 39 с. 34.
124. Измаильский А. А. Избранные сочинения. М. : Сельхозгиз, 1949. 335 с.
125. Івакін О. В. Ефективність систем обробітку ґрунту та гербіцидів у польовій сівозміні східної частини Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Дніпропетровськ, 2012. 20 с.
126. Іванюк В. Я. Ефективність осіннього застосування гербіцидів на забур'яненість пшениці озимої. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. Умань, 2019. № 2. С. 22–24.
127. Іващенко О. О. Бур'яни в агрофітоценозах: проблеми практичної гербології. К. : Світ, 2001. 235 с.
128. Іващенко О. О. Вовчок у посівах соняшнику та методи контролю. *Карантин і захист рослин*. Київ, 2020. № 2/3. С. 13–16.
129. Іващенко О. О. Гербологія: шляхи у майбутнє. *Карантин і захист рослин*. Київ, 2020. № 2/3. С. 2–3.
130. Іващенко О. О. Пріоритети гербології за умов змін клімату. *Карантин і захист рослин*. Київ, 2016. № 2–3. С. 2–3.
131. Іващенко О. О., Іващенко О. О. Загальна гербологія : монографія / НААН, Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків, *Інститут захисту рослин НААН*. Київ: Фенікс, 2019. 752 с.
132. Іващенко О., Іващенко О. Повернути вологу. *The Ukrainian Farmer*. 2020. № 10. С. 68–69.
133. Каленська С. М. Біоенергетична оцінка елементів технології вирощування. Наук. доп. НУБіП. 2011. № 6 (28). С. 1–8.
134. Камінський В. Ф., Коломієць Л.П., Шевченко І. П., Шквир М. І., Повидало В. М. Принципи проектування організації території схилових агроландшафтів в системі ґрунтозахисного землеробства. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. Чабани, 2021. Вип. 1. С. 5–12.
135. Камінський В. Ф., Сайко В. Ф., Шевченко І. П. та ін. Сучасні системи землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур. К. : ВП “Едельвейс”, 2012. 196 с.

136. Камінський В. Ф., Сокирко П. Г. Продуктивність сільськогосподарських культур залежно від впливу різних систем обробітку ґрунту. *Посібник українського хлібороба (науково–виробничий щомісячник)*. Київ, 2010. № 1. С. 93–95.
137. Канівець В. І. Актуальні питання історії українського ґрунтознавства. *Агрохімія і ґрунтознавство. Спецвипуск до 7 з'їзду УТГА*. Харків, 2006. Кн. 1. С. 58–64.
138. Канівець В. І. Рецензія на книгу «Класифікація ґрунтів України». *Агрохімія і ґрунтознавство*. Харків, 2007. Вип. 67. С. 142–146.
139. Карабжей С. П., Шевченко К. І. Вплив способів обробітку ґрунту на забур'яненість посівів культур ґрунтозахисної. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. К. : Фітосоціоцентр, 2001. Вип. 3. С. 7–11.
140. Качинский Н. А. Физика почв. М.: Высшая школа, 1970. Ч. 2. 360 с.
141. Качинський Н. А. Почва, её свойства и жизнь. М. : Наука, 1975. 296 с.
142. Кемпбел Г. В. Руководство к обработке почвы / Пер. с англ. С. К. Космана; под ред. П.М. Дубровского. Полтава : Библиотека Хуторянина. 1911. Вып. 5. 116 с.
143. Кибасов П. Т. Основная обработка почвы под полевые культуры. Кишинёв. : Картя Молдовеняскэ, 1982. 235 с.
144. Кивер В.Ф., Мелуа Р.А., Пилипенко А.Д. Засорённость посевов при минимальной обработке почвы на орошаемых землях Молдавии. *Земледелие*. 1979. № 3. С. 38–41.
145. Кизяков Ю. Е., Гниненко Н. В., Турчин В. В., Мусатов А. Г. Агроклиматические особенности и краткая характеристика почв опытного хозяйства ВНИИ кукурузы. Приёмы повышения продуктивности кукурузы и озимой пшеницы в степи УССР (сборник научных статей). Днепропетровск, 1974. С 18–29.
146. Кирилюк В. П., Кричківський В. М. Сучасні адаптивні системи основного обробітку ґрунту під ячмінь ярий. *Зрошуване землеробство: міжвід. темат. наук. зб. Херсон*, 2022. Вип. 77. С. 45–47.

147. Кирилюк В. П., Кричківський В. М. Сучасні адаптивні системи основного обробітку ґрунту в умовах Лісостепу. Від сорту до гібрида: селекція, насінництво, технологія: матеріали Міжнар. наук. конф. з нагоди 125-річчя від Дня народж. докт. с.-г. наук, проф., акад. ВАСГНІЛ Бориса Павловича Соколова (Дніпро, 15–16 верес. 2022 р.). Дніпро, 2022. С. 84–85.
148. Кирилюк В. П., Тимощук Т. М., Котельницька Г. М. Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на продуктивність ячменю ярого. *Наукові горизонти*. Житомир, 2019. № 9. С. 36–44.
149. Кирилюк В. П., Тимощук Т. М., Котельницька Г. М., Барладюга В. П., Долід Д. Є. Запаси продуктивної вологи та урожайність культур сівозміни залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення. *Наукові горизонти*. Житомир, 2020. № 7. С. 141–148.
150. Кириченко В. В., Петренкова В. П., Гур'єва І. А., Чернобай Л. М., Черняєва І. М., Маркова Т. Ю. Захист кукурудзи від хвороб і шкідників. *Посібник українського хлібороба* (науково–практичний збірник). Київ, 2008. С. 14–31.
151. Кириченко В. П. Післядія глибокої оранки і удобрення в умовах різного зволоження на врожай та якість зерна озимої пшениці сорту Безоста. *Зрошуване землеробство*. Херсон, 1969. № 8. С. 23–27.
152. Коваль Г. В. Фактична та потенційна забур'яненість посівів п'ятипільної сівозміни під впливом різних заходів та глибини основного обробітку ґрунту. *Карантин і захист рослин*. Київ, 2016. № 2–3. С. 3–6.
153. Коваль Г. В., Єщенко В. О., Калієвський М. В., Карнаух О. Б., Накльока Ю. І. Фітосанітарний стан посівів пшениці ярої за різноглибинної оранки і плоскорізного розпушування. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. Чабани, 2021. Вип. 1. С. 66–72.
154. Коломієць С. С., Білоброва А. С., Вірьовка В. М., Тарасенко Т. В. Порівняльний аналіз профільної мінливості водно-фізичних властивостей чорнозему при довготривалому застосуванні оранки та No-till технологій (на прикладі Панфільської дослідної станції). *Меліорація і водне господарство: міжвід. темат. наук. зб.* Київ, 2021. Вип. 2. С. 101–113.

155. Коляда В. П., Коляда О. В., Корчашкіна Л. А., Чугаєв С. В. Боротьба з ерозією ґрунтів: навч.-метод. посібник. Харків: друкарня Мадрид, 2021. 121 с.
156. Коляда В. П., Круглов О. В., Ачасова А. О. та ін. Мінімізація ерозійних процесів в умовах інтенсивного землеробства. У кн. «Ґрунтові ресурси України: збалансоване використання, прогноз та управління»; за ред. С. А. Балюка, М. М. Мірошніченка і Р. С. Трускавецького. Харків, 2020. С. 175–183.
157. Компанієць, В. О., Желязков, О. І., Кулик, А. О. Методика енергетичної оцінки ефективності технологій виробництва зерна. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. Дніпропетровськ, 2014. № 6. 118–124.
158. Компанієць В. О., Рибка В. С., Кулик А. О. та ін. Пропозиції з визначення нормативних витрат та цін на продукцію зернових культур. *Посібник українського хлібороба* (наук.-виробнич. щорічник). Київ, 2010. № 2. С. 73–75.
159. Корнійчук О. Пшениця по нулю. *The Ukrainian Farmer*. 2020. № 10. С. 30–31.
160. Косолап М. П., Кротінов О. П. Зміна водно-фізичних властивостей чорнозему типового при переході до технології No-till. Доповідь на міжнародній науково-практичній конференції з нагоди 100-річчя з дня народження проф. Городнього М. Г. К.: НУБіПУ, 2008.
161. Косолап М. П., Кротінов О. П. Система землеробства No-till: Навч. Посібник. К. : «Логос», 2011. 352 с.
162. Кравченко М. С. Злобін Ю.А., Царенко О.М. Землеробство. К.: Либідь, 2002. 494 с.
163. Кравченко М. С., Царенко О. М., Міщенко Ю. Г. та ін. Практикум із землеробства. К.: Мета, 2003. С. 17–20.

164. Крамарёв С. М. Удобрение кукурузы на чернозёмах обыкновенных степной зоны Украины: монография. Днепропетровск. : «Нова Ідеологія», 2010. 632 с.
165. Крамарев С., Исаенков В., Артеменко С., Сидоренко Ю., Леринец Ф. и др. Чернозёмы обыкновенные – прежде и теперь. *Зерно* (всеукраинский журнал современного агропромышленника). Київ, 2013. № 4. С. 47–59.
166. Крамарьов С. М., Жемела Г. П., Шакалій С. М. Продуктивність та якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від мінерального живлення в умовах лівобережного Лісостепу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони*. Дніпропетровськ, 2014. № 6. С. 61–67.
167. Крамарьов С. М., Бандура Л. П., Артеменко С. Ф., Крамарьов О. С., Писаренко П. В. Зміни агрофізичних властивостей чорнозему звичайного за умови довготривалого землекористування та економічне стимулювання їхнього відновлення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2021. № 2. С. 94–106.
168. Красеха Є. Н. Сучасні проблеми розвитку ґрунтознавства в Україні. *Біологічні системи*. 2012. Т. 4. Вип. 1. С. 44–47.
169. Кривенко А. І., Почколіна С. В., Кудряшов Н. С. Продуктивність пшениці озимої залежно від попередників у короткоротаційних сівозмінах в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*: [зб. наук. пр.] Херсон, 2020. Вип. 116, ч. 2. С. 3–9.
170. Кротінов О. П. Косолап М. П., Аніскевич Л. В. та ін. Землеробство України і проблема глобального потепління. *Науковий вісник НАУ*. К. : НАУ, 2004. № 75. С. 55–61.
171. Крупский Н. К., Полупан Н. И. Атлас почв Украинской ССР. К. : Урожай. 1979. 160 с.
172. Круть В. М. Плоскорезная обработка почвы в зерно-паровом севообороте на Украине. *Земледелие*. № 8. 1979. С. 25–27.
173. Круть В. М. Структура посевов и обработка почвы на Украине в степной зоне. *Земледелие*. 1980. № 4. С. 35–36.

174. Круть В. М. Теоретичні основи обробітку ґрунту. К.: Урожай, 1986. С. 5–24.
175. Круть В. М. Шляхи стабілізації виробництва зерна. *Наукові основи землеробства в умовах недостатнього зволоження*. Матеріали науково-практичної конференції (21–23 лютого 2000 р.). К. : Аграрна наука, 2001. С. 27–32.
176. Круть В. М., Пабат І. А. Водорегулюющая и почвозащитная роль безотвальной обработки склоновых земель. *Вестник сельскохозяйственной науки*. Київ, 1982. № 11. С. 27–34.
177. Круть В. М., Пабат І. А. Система обробітку ґрунту в зоні Степу. Обробіток ґрунту в системі інтенсивного землеробства. К. : Урожай, 1986. С. 24–41.
178. Круть В. М., Танчик С. П., Писаренко П. В. Землеробство: основні терміни і їх визначення. Навчально–методичний посібник. Полтава, 2003. 40 с.
179. Крючкова Л. О., Дударєва Г. Ф. Звичайна коренева гниль. *Захист рослин*. Київ, 2000. № 11. С. 10–11.
180. Кудря Н. А., Кудря С. І., Дегтярьова З. О. Порівняльний аналіз урожайності пшениці озимої при вирощуванні її після соняшнику, кукурудзи, чистого пару та зернобобових культур у короткоротаційних сівозмінах. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва: зб. наук. пр.* Харків, 2019. № 2. С. 119–124.
181. Кудря Н. А., Кудря С. І., Звонар А. М. Вплив попередників озимої пшениці на вміст поживних речовин у ґрунті. *Агроном*. Київ, 2020. № 1. С. 92–96.
182. Курдюкова О. М. Засміченість посівів сівозміни в залежності від обробітку ґрунту. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2011. № 1. С. 51–54.
183. Курдюкова О. М., Тищук О. П. Неотенічні та карликові бур'яни: поширення, біологія, контроль. *Карантин і захист рослин*. Київ, 2021. № 2. С. 42–45.

184. Кутова А. М., Круглов О. В., Коляда В. П. До питання ерозійної складової розрахунку балансу гумусу. *Агрохімія і ґрунтознавство: міжвід. темат. наук. зб.* Харків, 2021. № 92. С. 17–23.
185. Куценко М. В., Тімченко Д. О. Теоретичні основи організації системи охорони ґрунтів від ерозії в Україні: монографія. Харків: Зебра, 2016. 221 с.
186. Кушнарєв А. С. Новый взгляд на обработку почвы. Дослідницьке. Мелітополь: ТГАУ, 2009. 15 с.
187. Лактіонова Т. М., Соловей В. Б., Бігун О. М. та ін. Ґрунтово-інформаційна система України як складова Глобальної ґрунтово-інформаційної системи. Кн. «Ґрунтові ресурси України: збалансоване використання, прогноз та управління». Харків, 2020. С. 400–406.
188. Лал Р., Кимби Дж. М., Фоллет Р. Ф., Коул С. В. Потенциал обрабатываемых земель США по секвестрации углерода и смягчению парникового эффекта. Sleeping Bear Press. Inc. 1988. 128 с.
189. Ларінов Д. К., Макодзеба І. А. Бур'яни і боротьба з ними. К. : Держсільгоспвидав УРСР, 1957. 236 с.
190. Лебедь Е. М., Бабенко І.Е., Кружилин В.С., Коваленко А.П., Попов Н.Н. Чёрные пары и стабильность земледелия в Степи Украины. *Земледелие*. 1984. № 5. С. 18–20.
191. Лебідь Є. М. Науковий фундамент проблем степового землеробства. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2006. № 3–4. С. 23–25.
192. Лебідь Є. М., Горобець А. Г., Горбатенко А. І., Циліурик О.І. та інші. Агротехнічні заходи з охорони ґрунтів від водної ерозії. Наукові та прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні. Харків : НТУ „ХПІ”, 2010. С. 76 –131.
193. Лебідь Є. М., Льоринець Ф. А., Десятник Л. М. Ефективність чизельного обробітку в зерно–просапній сівозміні. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2002. № 2. С. 13–16.
194. Лебідь Є. М., Циков В. С., Матюха Л. П., Шевченко М. С. та ін. Методика проведення польових дослідів по визначенню забур'яненості та

- ефективності засобів їх контролювання в агроценозах. *Інститут зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2008. С. 5–7.
195. Лень О. І., Тоцький В. М., Гангур В. В., Єремко Л. С. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2021. № 2. С. 52–58.
 196. Лисенко А. К., Ушакова Л. Т. Система боротьби з бур'янами, Наукові основи ведення зернового господарства. К. : Урожай, 1994. С. 206–216.
 197. Литвин В. Г., Медведєв В. В. Сезонна динаміка структури і будови чорнозему глибокого з аналізом її основних причин. *Агрохімія і ґрунтознавство*. К. : Урожай. Вип. 27, 1974. С. 13–20.
 198. Литвиненко І. В. Відтворення родючості ґрунту в агроценозі кукурудзи за екологізації землеробства в Правобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2012. 20 с.
 199. Лихочвор В., Іванюк В., Косилович Г. Ефективність осіннього внесення гербіцидів на озимій пшениці. *Вісник Львівського національного університету природокористування*. Агрономія. Львів, 2022. (26), 151–156.
 200. Ліпінський В. М. Бабіченко В. М.. Клімат України. К. : Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
 201. Лядська І. В. Екологічне значення фізичних властивостей техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну : дис канд. с.-г. наук : [спец]. 03.00.16 – «Екологія». Дніпропетровський ДАЕУ. Дніпропетровськ : 2015. 229 с.
 202. Мазка Л. Ф., Богунова О. В., Стеценко В. І. : Гарантированное производство зерна на орошаемых землях. Под ред. В.А. Писаренка, Н.Т. Нетеса. К. : Урожай, 1990. С. 126–137.
 203. Мазур В. А., Липовий В. Г., Мордванюк М. О. Методика наукових досліджень в агрономії: навчальний посібник. Вінниця: ВЦ ТОВ «ТВОРИ». 2020. 204 с.

204. Максимчук И. П. Манько Ю. П., Кротинов А. П. Влияние системы основной обработки почвы на плодородие и урожайность культур полевого севооборота Лесостепи Украины. М. : Агропромиздат, 1990. С. 153–162.
205. Малієнко А. М. Наукові основи обробітку ґрунту. *Збірник наукових праць Інституту землеробства*. К. : ІЗ НААН, 1999. С. 57
206. Малієнко А. М. Напрямок розвитку і сучасні тенденції технологій обробітку ґрунту. *Посібник українського хлібороба* (науково– виробничий щомісячник). Київ, 2010. № 1. С. 91–93.
207. Малієнко А. М. Соціально-економічні передумови формування агротехнологій (на прикладі систем обробітку ґрунту). К, 2001. 60 с.
208. Малієнко А. М., Борис Н. Є. Вплив способів основного обробітку і побічної продукції попередника на щільність складення ґрунту в сівозміні. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. Ч. 1. Вип. 89. Умань, 2016. С. 113–125.
209. Малієнко А.М., Борис Н.Є., Буслаєва Н.Г Питання методики польових дослідів у землеробстві та рослинництві. *Землеробство* Київ, 2018. Вип. 1, С. 38–44.
210. Малярчук М. П. Агроекологічне обґрунтування основного обробітку ґрунту в сівозмінах на меліорованих землях південного Степу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2005. 40 с
211. Малярчук М. П. Вплив ґрунтозахисних систем обробітку в сівозміні на родючість ґрунту, забур'яненість посівів та продуктивність сільськогосподарських культур. *Зрошуване землеробство*. 1992. № 37. С. 13–19.
212. Малярчук М. П., Черноостровець Ю. М., Данильчук С. В. Особливості обробітку ґрунту на зрошуваних землях півдня України. *Зрошуване землеробство*, Вип. 38. Київ. : Урожай, 1993. С. 11–15.
213. Малярчук Н. П. Влияние основной обработки почвы на почвенное плодородие и урожай кукурузы в орошаемом севообороте юга Украины:

- автореф. дис. на соискание науч. степ. канд. с.-х. наук: спец. 06.01.01. «Общее земледелие». Херсон, 1986. 21 с.
214. Манько Ю. П., Луцюк І. О., Примак І. Д. та ін. Рекомендації з методики визначення забур'яненості полів, засміченості ґрунту і органічних добрив насінням бур'янів. Біла церква, 2000. 30 с.
 215. Манько Ю. П., Бабенко Є. О. Методика визначення показників допуску рівня забур'яненості посівів сільськогосподарських культур для ефективного її контролю. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. Київ, 2014. Вип. 20. С. 67–72.
 216. Мапушкіна Т. М., Дробітько А. В., Каганова Т. В., Геращенко О. А. Екологічні особливості технології No-till в умовах південного Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Одеса, 2020. Вип. 4. С. 47–52.
 217. Масик І. М. Механічні та біологічні заходи зниження потенційної забур'яненості ріллі в умовах Лівобережного Лісостепу України: атореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2009. 20 с.
 218. Масюк Н. Т. Экология нарушенных горных пород: состав, свойства, ресурсы, классификация. Проблемы охраны, рационального использования и рекультивации черноземов. М.: Наука, 1989. С. 139–166.
 219. Матушкин В. И., Пастушенко В.О., Бойко П.І., Бойко Г. І. Значение севооборота в борьбе с сорняками. Севообороты – основа интенсификации земледелия. К. : Урожай, 1985. С. 63–66.
 220. Матяш І. О. Вплив попередників на врожай і якість зерна озимої пшениці в умовах недостатнього зволоження Лісостепу Української. *Землеробство*. К. : Урожай. 1977. С. 78–84.
 221. Мачульський Г. М., Гавій В. М. Основи сільського господарства: Навчальнометодичний посібник. Ніжин: НДУ імені М. Гоголя, 2017. 95 с.
 222. Медведев В. В. Взаємозв'язки між антропогенним навантаженням, деградацією і сталістю ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2007. № 8. С. 49–55.

223. Медведєв В. В. Диференціація агротехнологічних заходів при впровадженні точного землеробства. *Посібник українського хлібороба* (науково–виробничий щорічник). Київ, 2010. № 1. С. 116–118.
224. Медведєв В. В. Мінімалізація обробітку ґрунтів України. Харків, 2004. 47 с.
225. Медведєв В. В. Неоднородность почв и точное земледелие. Ч. 1. *Результаты исследований*. Харьков, 2002. 260 с.
226. Медведєв В. В. Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана). Харьков.: Изд. «13 типография», 2008. – 406 с.
227. Медведєв В. В., Лактіонова Т. М., Донцова Л. В. Просторовий і часовий дефіцити зволоження сільськогосподарських культур на орних землях України. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2011. № 3. С. 9–13.
228. Медведєв В. В., Лактіонова Т. М., Линдіна Т. Є. Оцінка втрат урожаю сільськогосподарських культур в Україні від переущільнення ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2002. № 3. С. 53–59.
229. Медведєв В. В., Плиско И. В. Проявление физической деградации в распахиваемых почвах. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Харків, 2014. Вип. 81. С. 16–28.
230. Медведєв В.В., Лактіонова Т.М. Ґрунтово – технологічні вимоги до ґрунтообробних знарядь і ходових систем машино-тракторних агрегатів. Харків. : КП «Друкарня № 13», 2008. 68 с.
231. Медведєв В. В. Кисіль В. І. Родючість і охорона ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2006. № 3–4. С. 26–28.
232. Медведєв В. В. Нульовий обробіток в європейських країнах. Харків. : ТОВ «ЕДЕНА», 2010. 202 с.
233. Медведєв В. В. Оптимізація ґрунтово-агрохімічних факторів. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2001. № 2. С. 9–12.
234. Медведєв В. В., Пліско І. В., Криlach С. І., Накісько С. Г., Уваренко К. Ю. Фізична деградація орних ґрунтів України (оцінювання, профілактика, призупинення). Харків, 2020. 110 с.

235. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. К. : Урожай, 1988. 208 с.
236. Меліорація ґрунтів: систематика, інновації, перспективи: колективна монографія; за ред. С. А. Балюка, М. І. Ромащенко, Р. С. Трускавецького. Київ, 2015. 667 с.
237. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посібник. В. Г. Дідора, О. Ф. Смаглій, Е. Р. Ермантраут [та ін.]. К.: Центр навч. л-ри, 2013. 264 с.
238. Методические рекомендации по учету и картированию засоренности посевов. Днепропетровск, 1974. 23 с.
239. Методические указания по определению щелочногидролизующего азота в почве по методу Корнфилда. Методические рекомендации. М. : Изд-во ЦИНАО, 1985. 8 с.
240. Милосердов Н. М. Антонюк В. Г., Титова В. Г. Защита полей от пыльных бурь. Симферополь. : Таврия, 1978. 78 с.
241. Мицик О. О. Сільськогосподарське використання рекультивованих земель Керченського залізничного родовища. Дис. канд. с. - г. наук. 03.00.16 – Екологія. Дніпропетровськ, 1998. 170 с.
242. Мишустин Е. Н., Востров И. С. Аппликационные методы в почвенной микробиологии. Микробиологические и биохимические исследования почв. К.: Урожай, 1971. С. 3–12.
243. Моргун Ф.Т., Шикула Н.К. Почвозащитное бесплужное земледелие. М. : Колос, 1984. 279 с.
244. Моргун Ф.Т., Шикула Н.К., Тарарико А.Г. Почвозащитное земледелие. К. : Урожай, 1983. 240 с.
245. Морозов В. В., Морозов О. В., Корнбергер В. Г., Дудченко К. В. Технічне удосконалення конструкції рисових зрошувальних систем. *Таврійський науковий вісник*: [зб. наук. пр.] Херсон, 2022. Вип. 2: Техн. науки. С. 47–56.
246. Москаленко А. М. Техніко–технологічні інновації у сучасному землеробстві. *Наукові праці Полтавської держ. аграр. акад.* Полтава, 2005. Т. 4 (22). С. 207–211.

247. Мудрук О. С., Паюк Н.О. Періодизація історії обробітку ґрунту. Сучасний соціокультурний простір: Матеріали Всеукраїнської науково–практичної інтернет–конференції (26–30 вересня 2005 р.). К. : ТОВ “ТК”МЕГАНОМ”, 2005 Ч. 2. С. 6–8.
248. Мэтнерс Ф. Ф. Рациональная обработка почвы по Кэмпбелю, как основа урожайности: Земледелие засушливых областей. СПб: Изд. А. Ф. Деврієна, 1909. 246 с.
249. Назаренко І. І., Польчина С. М., Нікорич В. А. Ґрунтознавство. Чернівці : 2003. 400 с.
250. Найдьонова В. О. Вплив основного обробітку ґрунту та інокуляції насіння на продуктивність сої на зрошуваних землях Півдня України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Херсон, 2016. 20 с.
251. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / ред. М. В. Зубець (голова) та ін. К. : Аграрна наука, 2010. 986 с.
252. Наукові основи ведення зернового господарства. В.Ф. Сайко, М. Г. Лобас, І. В Яшевський, А. М. Малієнко [та ін.]. К.: Урожай, 1994. 334 с.
253. Наукові та прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні: Монографія / за ред. С. А. Балюка, Л. Л. Товажнянського. Харків: НТУ “ХПІ”, 2010. 460 с.
254. Нетіс І. Т. Посухи та їх вплив на посіви озимої пшениці: Монографія. Херсон. : Айлант, 2008. 252 с.
255. Никитчин Д. И., Минковский А. Е. Удельно-тяжолые семена и продуктивность подсолнечника. *Масличные культуры*. Х., 1997. 62 с.
256. Нікітенко О. В., Поляков О. І., Алієва О. Ю. Застосування мінеральних та сидеральних добрив за різних систем основного обробітку ґрунту при вирощуванні соняшнику. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН: зб. наук. пр.* Запоріжжя, 2022. № 32. С. 73–83.
257. Носко Б. С. Сучасний стан і майбутнє чорноземів України. *Вісник аграрної науки*. Київ, 1996. № 5. С. 20–24.
258. Овсинский И. Є. Новая система земледелия. К., 1899. С. 15–31.

259. Окрушко С. С. Контроль чисельності бур'янів у посівах кукурудзи. Сільське господарство та лісівництво: зб. наук. пр. Вінниця, 2019. № 14. С. 163–171.
260. Оленюк А. М. Обробіток ґрунту, удобрення й догляд за посівами цукрових буряків з елементами біологізації землеробства в Південно-західному Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Дніпропетровськ, 2009. 20 с.
261. Опалко В., Шатров Ф., Шатрова Р., Марченко В. Глибоке розпушування ґрунту – альтернатива відвальної оранці. *Agroexpert*. 2019. Спецвип.: Насіння. Золотий фонд урожаю 2019. С. 155–159.
262. Остапов В. І., Фесенко О. Ф., Малярчук Н. П. Обробіток ґрунту в зерно-кормовій сівозміні. *Зрошуване землеробство*. К. : Урожай, 1985. Вип. 28. С. 3–5.
263. Пабат И. А., Горбатенко А.И. Стокорегулирующая и почвозащитная эффективность чизельной обработки почвы. *Научно-технический бюллетень*. Курск, 1989. Вып. 1. С. 49–53.
264. Пабат І. А. Ґрунтозахисна система землеробства. К.: Урожай, 1992. 160 с.
265. Пабат І. А. Збереження енергоресурсів і ґрунтів в сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур. *Вісник Дніпропетровського ДАУ*. Дніпропетровськ, 2002. № 2. С. 56–59.
266. Пабат І. А. Роторний обробіток ґрунту і пряма сівба озимої пшениці після непарових попередників. *Хранение и переработка зерна*. Дніпропетровськ, 2001. № 8 (26). С. 24–25.
267. Пабат І. А., Горбатенко А.І., Горобець А. Г., Коваленко В. Ю., Чабан В. І., Клявзо С.П. Використання післяжнивних решток і гною у сівозмінах Степу. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2004. № 9. С. 11–15.
268. Павліченко А. А. Продуктивність плодозмінної сівозміни залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення у Правобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Умань, 2019. 23 с.

269. Павлов О. С., Бабенко А. І., Андрущенко А. С. Біологічна ефективність гербіцидів у посівах пшениці озимої за осіннього внесення. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2021. Т. 12. № 4. С. 50–59.
270. Падалка С. С., Кириленко І. Г., Вергунов В. А. Аграрна історія України у трьох частинах. Київ: Аграр. наука, 2019. Ч. III: Період незалежності (1991–2018 рр.). 372 с.
271. Панас Р. М. Ґрунтознавство: навчальний посібник. Львів: Новий Світ, 2000, 2005. 372 с.
272. Панченко О. Б. Відтворення родючості чорнозему типового залежно від систем основного обробітку ґрунту і удобрення в зерно просапній сівозміні Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2016. 22 с.
273. Папіш І. Класифікаційна проблема в українському ґрунтознавстві. Генеза, географія та екологія ґрунтів: зб. наук. праць, присвячений 10-річчю кафедри ґрунтознавства і географії ґрунтів Львівського національного університету. Львів. 2003. С. 283–288.
274. Патик С.М. Ефективність коротко ротаційних польових сівозмін в умовах Степу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.–г. наук : спец 06.01.01 – “Загальне землеробство ” / С.М. Патик. – К., 2009. – 19 с.
275. Пати́ка В. П., Тихонович І.А., Філі́пєв І. Д. [та ін.] Мікроорганізми і альтернативне землеробство. К.: Урожай, 1993. 173 с.
276. Пашкевич Г. О., Віденко М. Ю. Рільництво племен трипільської культури. Київ, 2006. 143 с.
277. Паюк Н. О. Історія технології обробітку ґрунту: вклад визначних учених у теорію й практику. *Історія української науки на межі тисячоліть*: Зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. Ун-т та ін. / Відп. редактор О. Я. Пилипчук. К.. Дніпропетровськ, 2004. Вип. 14. С. 126–132.
278. Пелех Л. В. Оцінка гербологічної ситуації агрофітоценозу ячменю ярого за різних попередників в умовах дослідного поля ВНАУ. *Сільське господарство та лісівництво*: зб. наук. пр. Вінниця, 2019. № 14. С. 172–183.

279. Перчук В. В. Взаємодія рослин кукурудзи з бур'янами при застосуванні різних видів сидератів та систем основного обробітку ґрунту в Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2008. 20 с.
280. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-те вид., виправ., доповн. Додатковий випуск. Львів. Українські технології, 2022. 806 с.
281. Петриченко В., Лихочвор В. Опустелювання України. загрози нещадної експлуатації ґрунтів. *Зерно*. Київ, 2020. № 4. С. 42–48.
282. Писаренко В. М., Коваленко Н. П., Поспелова Г. Д., Піщаленко М. А., Нечипоренко Н. І., Шерстюк О. Л. Сучасна стратегія інтегрованого захисту рослин. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2020. № 4. С. 104–111.
283. Піковська О. В. Вплив мінімізації обробітку ґрунту на вміст елементів живлення у чорноземі звичайному. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України: зб. наук. пр.* К., 2018. Вип. 294. С. 122–128.
284. Піковська О.В. Збереження родючості чорноземів звичайних в умовах аридизації клімату. *Рослинництво та ґрунтознавство*. Київ, 2020. Т. 11. № 1. С. 62–68.
285. Пікуш Г. Р., Гетманець А. Я., Лебідь Є. М., Пабат І.А. Чорний пар. К.: Урожай, 1992. 168 с.
286. Плотницька Н. М., Оксенюк Ю. В. Ефективність механічних заходів проти амброзії полинолистій. Проблеми екології та екологічно орієнтованого захисту рослин: матеріали наук.-практ. конф. фак-ту захисту рослин Харків. нац. аграр. ун-ту ім. В.В. Докучаєва, присвяч. 130-річчю з дня народж. акад. ВАСГНІЛ, чл.-кор. НАНУ, д.б.н. Т. Д. Страхова (29–30 жовт. 2020 р.). Харків: Планета-прінт, 2020. С. 121–122.
287. Подоляко А. М., Тарасенко Т. В. Зміна родючості чорнозему типового за різних способів обробітку та систем удобрення. Новітні системи землеробства та технології вирощування сільськогосподарських культур:

- внесок молодих учених: матеріали наук.- практ. інтернет-конф. молодих учених і спеціалістів в Україні (25 листоп. 2020 р.). Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. С. 42–46.
288. Позняк С. П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів. У двох частинах. Львів : ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2007. 400 с.
 289. Позняк С. П., Гавриш Н. С. Роль ґрунтів у розвитку суспільства. *Український географічний журнал*. Київ, 2019. № 2. С. 57–61.
 290. Полупан В. И., Зуза С. Г., Полупан В. Н., Самодрига Н. Ф. Агрономическая оценка использования соломы в качестве нетрадиционного удобрения под подсолнечник при различных способах обработки почвы. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Харків, 2003. Вип.64. С. 59–63.
 291. Полупан В. І., Зуза В.О., Полупан В.Н. [та ін.] No-till для фермера. *Посібник українського хлібороба* (науково-виробничий щомісячник). Київ, 2010. № 1. С. 101–104.
 292. Полупан В. І., Зуза С.Г., Полупан В.М. Досвід застосування нульової технології обробітку ґрунту при вирощуванні озимої пшениці у Донбасі. *Агрохімія та ґрунтознавство*. Харків, 2003. Ч. 2. С. 160– 162.
 293. Полупан М. І., Величко В. А. Українське агрономічне ґрунтознавство: підручник у 2-х частинах; за ред. М. І. Полупана. Ч. 2. Класифікація ґрунтів. Ґрунтово-екологічне районування. Зональність як фактор географії ґрунтів за еколого-генетичним статусом, їхні морфологічна і кількісна діагностики, агроґрунтовий потенціал сільськогосподарських культур. Спеціалізація землеробства відповідно до ґрунтово-екологічних умов. Моніторинг земельних ресурсів. Доктрина раціонального землекористування в Україні. Київ: Аграрна наука, 2019. 444 с.
 294. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А., Івасенко О. С. Агрокліматичні умови продуктивності озимої пшениці на Одещині в умовах потепління клімату. *Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Херсон, 2022. 78, С. 31–37.

295. Польшина С. М. Пропозиції щодо сучасної класифікації ґрунтів України на надтиповому та типовому рівнях. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Харків, 2008. Вип. 68. С. 154–158.
296. Польшина С. М., Нікорич В. А. Пропозиції щодо класифікації природних ґрунтів України. *Науковий вісник Чернівецького університету*. Чернівці: Рута, 2005. Вип. 257. Біологія. С. 162–171.
297. Поляков О. І., Нікітенко О. В., Літошко С. В. Вплив агроприйомів вирощування на забур'яненість посівів та врожайність соняшнику. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*: зб. наук. пр. Запоріжжя, 2019. № 27. С. 107–116.
298. Попов С. І., Леонов О. Ю., Попова К. М., Музафаров Н. М. Адаптивність сортів пшениці озимої за умов посушливої осені в східному лісостепу України. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва*: зб. наук. пр. Харків, 2019. № 2. С. 198–207.
299. Попов Ф. А. Обработка почвы под полевые культуры. К.: Урожай, 1969. 262 с.
300. Починок Л., Пасацька В. Хвороби та шкідники в посівах кукурудзи. *Пропозиція*. Київ, 2013. № 3. С. 84–94.
301. Примак І. Д., Єщенко В. О., Манько Ю. П. та ін.. Ресурсозберігаючі технології механічного обробітку ґрунту в сучасному землеробстві України. К.: «КВІЦ», 2007. 272 с.
302. Примак І. Д., Манько Ю. П., Танчик С. П та ін. Бур'яни в землеробстві України: прикладна гербологія. Біла Церква, 2005. 664 с.
303. Простосвіцька О. І., Федорчук О. М., Свиридовський В. М., Дудченко В. В. Забезпечення конкурентоспроможності аграрних підприємств в умовах сталого розвитку: монографія. Херсон: ОЛДІ-Плюс, 2021. 196 с.
304. Пустовий С. І., Якунін О. П., Дудка М. І. Вплив попередника і мінерального живлення на формування урожайності зерна гібридів кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*: [зб. наук. пр.] Херсон, 2020. Вип. 116, ч. 2. С. 68–73.

305. Рассел Э. Почвенные условия жизни растений. Изд-во И.Л., 1955. С. 37–45.
306. Ревут И. Б. *Физика почв*. Л.: Колос, 1972. 366 с.
307. Рекомендації з освоєння елементів системи прямої сівби в землеробстві степової зони / А. В. Черенков, М.С. Шевченко, В. Ю. Черчель, Є.М. Лебідь, В.С. Циков, М.М., В.І. Чабан, О.І. Цилюрик, В.І. Приходько [та ін.]. Дніпропетровськ.: ДУ ІСГСЗ НААН України, 2013. 20 с.
308. Ременюк Ю. О. Продуктивність ланки сівозміни за різних обробітків ґрунту в умовах північного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2009. 22 с.
309. Рибка В. С. Компанієць В. О., Кулик А. О., Горбатенко А. І., Горобець А. Г., Цилюрик О. І. Обробіток ґрунту та його вплив на ефективність виробництва озимої пшениці в паровому полі Степу України. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. Дніпропетровськ, 2008. № 35. С. 34–39.
310. Рибка В. С., Черенков А. В., Шевченко М. С. [та ін.] Поелементні нормативи затрат на виконання технологічних операцій при вирощуванні та збиранні зернових культур в зоні Степу України і методичні рекомендації по їх розробці та застосуванню. *Ін-т сіл. госп-ва степової зони НААН України*. Дніпропетровськ, 2012. 170 с.
311. Рисін Л. М., Волох П. В. Адаптивне землеробство: навчальний посібник. Дніпропетровськ. : Видавництво “Свидлер А.Л.”, 2011. 190 с.
312. Рожественский Б. Н. Методика опытно-исследовательского дела по полеводству. К., 1958. – 222 с.
313. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи. Х.: Майдан, 2016. 316 с.
314. Романова С. А., Гульванський І. М., Задорожна С. В., Матвєєва В. О. Баланс гумусу в короткоротаційній польовій сівозміні. *Агроекологічний журнал*. Київ, 2019. № 4. С. 29–32.
315. Ромащенко М. І. Деякі завдання аграрної науки, зумовлені змінами клімату. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2003. № 1. С. 16–20.

316. Сазонов И. Н. Система мероприятий против эрозии почв / И. Н. Сазонов, М. А. Штофель, А. И. Пилипенко. К.: «Вища школа», 1984. 248 с.
317. Сайко В. Ф. Наукові основи землеробства в контексті змін клімату. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2008. № 11. С. 5–10.
318. Сайко В. Ф. Теоретичні основи і практичні аспекти розвитку “біологічного” землеробства в Україні. *Землеробство: Міжвідомчий науковий збірник*. Київ, 1994. Вип. 60. С. 3–7.
319. Сайко В. Ф., Малієнко А. М. Системи обробітку ґрунту в Україні. К. : ВД “ЕМКО”, 2007. 44 с.
320. Сайко В.Ф. Землеробство на шляху до ринку. Київ, 1997. 46 с.
321. Свидинюк І. М. Особливості переходу на технологію No-till. Посібник українського хлібороба (науково-виробничий щомісячник). Київ, 2010. № 1. С. 98–100.
322. Семякин В. А. Сравнительная оценка плоскорезной и отвальной обработки почвы под кукурузу в юго-восточных районах Украинской ССР, подверженных ветровой эрозии: автореф. дис. на соискание науч. степ. канд. с.–х. наук: спец. 06.01.01. «Общее земледелие». Каменец-Подольск, 1980. 20 с.
323. Система ведення сільського господарства Дніпропетровської області. Редкол.: О. А. Любович, Є. М. Лебідь, В. І. Шевманьов. Дніпропетровськ.: Інститут зернового господарства УААН, 2005. 432 с.
Сівозміни у землеробстві України. / [За ред. В. Ф. Сайка, П. І. Бойка]. К.: Аграрна наука, 2002. 146 с.
324. Смаглій О. Ф. Агроекологія. К.: Вища освіта, 2006. 617 с.
325. Соколовский А. Н. Избранные труды. Київ : Урожай, 1971. 368 с.
326. Соколовский А. Н. Структура почв и её сельскохозяйственная ценность. Избранные труды. К.: Урожай, 1971. С. 166–178.
327. Соколовський А.Н. Вопросы глубины вспашки в свете агрохимического почвоведения. Почвоведение и агрохимия. К. : Урожай, 1971. С. 166–225.

328. Соловей Г. М. Протиерозійні заходи у землеробстві західної України: історія, теорія, практика: монографія. ННСГБ НААН; наук. ред. В.А. Вергунов. Київ: Аграр. наука, 2021. 176 с.
329. Солодушко М., Солодушко В., Гасанова І., Романенко О. Покращений попередник. *The Ukrainian Farmer*. 2020. № 8. С. 20–21.
330. Солодушко М., Солодушко В., Завалипич Н., Романенко О. Не перегодувати ячмінь. *The Ukrainian Farmer*. 2020. № 10. С. 70–71.
331. Солодушко М. М. Вплив органо-мінеральних добрив на врожайність пшениці озимої після непарових попередників в умовах зони степу. *Зернові культури*. Дніпро, 2022. Т. 6. № 1. С. 91–99.
332. Соломенко Л. І., Кудрявицька А. М., Вороніна Д. Ю. Екологічна оцінка післядії пестицидів у системі “ґрунт – рослина”. Topical issues of the development of modern science: Abstracts of the 12th International scientific and practical conference. Sofia, Bulgaria: Publishing House “ACCENT”, 2020. С. 288–296.
333. Сторчоус І. Десикація гороху як елемент контролю бур’янів перед жнивками. *Пропозиція*. Київ, 2020. № 6. С. 60–63.
334. Сторчоус І. М. Порівняльна оцінка гербіцидів за осіннього та весняного застосування у посівах пшениці озимої в умовах лісостепової зони України. *Захист і карантин рослин*. Київ, 2019. № 65. С. 175–190.
335. Ступаков В.П. Довідник по бур’янам. К.: Урожай, 1984. 190 с.
336. Судак В., Горбатенко А., Чабан В., Кулик А., Семенов С. Тестування гербіцидів. *The Ukrainian Farmer*. Київ, 2020. № 1. С. 72–75.
337. Сусидко П. И., Писаренко В. Н.. Фитосанитарные аспекты новых технологий возделывания зерновых в Степи Украины: материалы VIII съезда ВЕО «Новейшие достижения сельскохозяйственной энтомологии». Вильнюс, 1981. С. 172–176.
338. Танчик С. П. No-till і не тільки. Сучасні системи землеробства. К.: Юнівест Медіа, 2009. 160 с.

339. Танчик С. П. Землеробства: Практикум / [С.П. Танчик, Манько Ю.П., Кротінов О.П. та інш.]. К. : ФОП Корзун Д.Ю., 2013. 278 с.
340. Танчик С., Бабенко А. Гербокритичний період у забур'яненості кукурудзи. *Agroexpert*. 2019. Спецвип.: Насіння. Золотий фонд урожаю 2019. С. 74–77.
341. Таранова Н., Шубер П. Метеорологія і кліматологія: навчальний посібник. Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, 2014. 290 с.
342. Тарарико А. Г. Вергунов В. А. Почвозащитная контурно-мелторативная система земледелия. К.: УкрНТЭИ, УкрНИИОЗ, 1992. 72 с.
343. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л., Білокінь О. А. Ерозія ґрунтів як чинник опустелювання агроландшафтів України. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 3. С. 6–16.
344. Тараріко О. Г., Москаленко В. М. Каталог заходів з оптимізації структури агроландшафтів та захисту земель від ерозії. К. : Фітосоціоцентр, 2002. 64 с.
345. Тараріко О. Г., Сиротенко О. В., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л. Агроекологічний супутниковий моніторинг. Київ: *Аграрна наука*, 2019. 202 с.
346. Тараріко Ю. О. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур: Методичні рекомендації. К.: Нора-прінт, 2001. 60 с.
347. Тараріко Ю. О., Несмашна О. М., Глущенко Л. Д. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва. К. : Аграрна наука. 2005. 200 с.
348. Тарасенко Г. О. Вплив основного обробітку ґрунту в чистому парі на продуктивність озимої пшениці: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Дніпропетровськ, 2007. 20 с.
349. Таріка О. Г. Агроекологічне обґрунтування освоєння і використання лесоподібного суглинку при рекультивации земель в Нікопольському марганцеворудному басейні: автореф.дис.на здобуття наук. ступеня канд.

- с.-г. наук: спец. 03.00.16 «Екологія» / О.Г. Таріка. Дніпропетровськ, 2006. 20 с.
350. Теплицкий Е. А. Эффективность предшественников и способов обработки почвы под озимую пшеницу в условиях Северной Степи УССР: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. с.-х. наук: спец. 06.01.01. «Общее земледелие». Полтава, 1985. 25 с.
 351. Тихоненко Д. Г. Агрогенне ґрунтотворення і класифікація ґрунтів. Вісн. ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів». Харків, 2010, № 5. С. 5–10.
 352. Ткалич И. Д., Ткалич Ю. И., Рычик С. Г. Цветок солнца (основы биологии и агротехники подсолнечника: монография). Днепропетровск, 2011. 172 с.
 353. Ткалич Ю. І. Агротехнічні і біологічні заходи підвищення врожайності та контролювання забур'яненості кукурудзи, соняшнику, пшениці озимої в Північному Степу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора с.-г. наук: спец. 06.01.01 «Загальне землеробство». Дніпропетровськ, 2013. 44.
 354. Ткаченко М. А., Задубинна Є. В., Цюк О. А., Кондратюк І. М. Моніторинг забур'яненості посівів сої у короткоротаційній сівоzmіні. *Вісник аграрної науки*. 2022. Т. 100, № 7 (832). С. 29–35.
 355. Ткачук О. П. Еколого-економічна та біоенергетична оцінка технологій вирощування пшениці озимої після бобових багаторічних трав. *Зернові культури*. Дніпро, 2022. Т. 6. № 1. С. 124–132.
 356. Травлеев А. П., Белова Н. А., Зверковський В. М. Теоретичні основи лісової рекультивації порушених земель у Західному Донбасі на Дніпропетровщині. *Ґрунтознавство*. 2005. Т. 16, № 1–2. С. 19–29.
 357. Трибель С. О., Сігарьова Д. Д., Секун М. П. та ін. Методика випробування і застосування пестицидів. За ред. С.О. Трибеля. К. : Світ, 2001. 448 с.
 358. Трускавецький Р. С., Цапко Ю. Л. Основи управління родючістю ґрунтів; за ред. Р. С. Трускавецького. Харків, 2016. 385 с.

359. Трускавецький С.Р., Биндич Т.Ю., Вяткін К.В. та ін. Багатоспектральне космічне сканування в системі моніторингу ґрунтів: монографія. Харків, 2018. 279 с.
360. Трофименко П., Забалуєв В., Трофименко Н., Месеча А., Забалуєв С., Андрійчук В., Залюбовський А. Негативний вплив військових дій на ґрунти України та пропозиції щодо шляхів їх відновлення. Збалансоване використання та відтворення родючості ґрунтів в умовах глобальних змін клімату: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., присв. Всесвітньому Дню Ґрунту та 130-річчю заснування кафедри ґрунтознавства ДБТУ, 5-6 грудня 2023 р. Держ. біотехнологічний ун-т. Харків, 2023. С. 64–65.
361. Тулайков Н. М. Избранные произведения. М.: Сельхозиздат, 1963. 311 с.
362. Тютюнник Д. А., Дмитрук О.Ю. Словник-довідник з ґрунтознавство та географії ґрунтів. Київ: КУ, 1997. 122 с.
363. Тютюнник Н. В., Качанова О. В., Погромська Я. А., Ротач Ю. В. Управління родючістю чорноземів звичайних в умовах ерозійно стійких агроландшафтів (на прикладі Донецького регіону). У кн. «Ґрунтові ресурси України: збалансоване використання, прогноз та управління»; за ред. С.А. Балюка, М. М. Мірошніченка і Р. С. Трускавецького. Харків, 2020. С. 183–189.
364. Узбек І. Х. Еколого-біологічна оцінка едафотопів техногенних ландшафтів степової зони України: автореф. дис. на здоб. наук. ступеня. д-ра біол. наук: спеціальність 03.00.16 «Екологія». І. Х. Узбек. Дніпропетровськ, ДНУ. 2001. 36 с.
365. Узбек И. Х. Кобец А. С., Волох П. В., Мыцык А. А. Запорожская биоэкологическая станция мониторинга техногенных ландшафтов степного Приднепровья (к 50-летию основания). *Рекультивация складных техноэкосистем у новому тисячолітті: ноосферний аспект*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Дніпропетровськ : ДДАУ, 2012. С. 12-17.

366. Узбек І. Х., Волох П. В., Мицик О. О., Бабенко М. Г., Галаган Т. І., Козечко В. І. Рекультивовані землі як резерв земельного фонду України. *Агрохімія і ґрунтознавство*: міжвідомч. темат. наук. збірник.: спец. випуск до ХІ з'їзду ґрунтознавців та агрохіміків України «Ґрунтові ресурси: вчора, сьогодні, завтра» (17-21 вересня 2018 року, м. Харків). 2018. С. 57–60.
367. Узбек І. Х., Галаган Т. І. Фізико-хімічні властивості едафотопів техногенних ландшафтів і їх еколого-економічне значення. *Ґрунтознавство*. К.; Дніпропетровськ, 2004. Т. 5, № 1–2. С. 102–106.
368. Унгурян В. Г. Повышение эффективности и устойчивости земледелия на Украине и Молдавии. К. : Урожай, 1981. С. 55.
369. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навч. посіб. Херсон: Айлант, 2008. 272 с.
370. Фисюнов А. В. Биологические проблемы земледелия. *Земледелие*. 1981. № 3. С. 21–23.
371. Фисюнов А. В. Сорные растения. М.: Колос, 1984. 320 с.
372. Фисюнов А. В., Воробьев Н. Е., Матюха Л. А., Литвиненко Ю. В Шамкий И. Ф. Методические рекомендации по учету и картированию засоренности посевов. Днепропетровск, 1974. 71 с.
373. Фолкнер Э. Безумие пахаря. М.: Сельхозгиз, 1959. 227 с.
374. Фурдичко О. І. Екологічні основи збалансованого розвитку агросфери в контексті європейської інтеграції України: монографія. Київ: ДІА, 2014. 112 с.
375. Харитонов М. М., Бабенко М. Г., Мартинова Н. В., Рула І. В., Гончар Н. В., Гаврюшенко О. О., Клімкіна І. І., Золотовська О. В., Фролова Л. А. Комплексна екологічна оцінка створення енергетичних плантацій на рекультивованих землях: монографія. Дніпро: ЛІРА, 2020. 192 с.
376. Хижняк С. В., Баранов Ю. С., Демченко В. М., Войціцький В. М. Пестициди та їх еколого-токсикологічна оцінка. Київ, 2019. 226 с.

377. Хорішко А. І. Озима пшениця у сівозмінах Придніпров'я. Дніпропетровськ: ЗАТ Поліграфіст, 1997. 134 с.
378. Цандур М. О. Наукові основи землеробства Південного Степу України. Одеса.: Папірус, 2006. 180 с.
379. Царенко О. М., Злобін Ю. А., Скляр В. Г. Комп'ютерні методи в сільському господарстві та біології. Суми: Видавництво «Університетська книга». 2000. 203 с.
380. Цвей Я. П., Іваніна Р. В., Дубовий Ю. П. Екологічне контролювання чисельності бур'янів у посівах пшениці озимої. *Карантин і захист рослин*. Київ, 2020. № 1. С. 16–18.
381. Цвей Я. П., Мирошніченко М. С., Кісілевська М. О. Моніторинг родючості чорнозему слабосолонцюватого в залежності від системи удобрення та обробітку ґрунту у сівозмінах. *Новітні агротехнології: електрон. наук. журнал*. 2019. № 7.
382. Центило Л. В., Танчик С. П., Цюк О. А. Управління родючістю ґрунту за зберігаючого землеробства: монографія. Вінниця: ТВОРИ, 2021. 361 с.
383. Центило Л. В., Цюк О. А. Динаміка змін твердості ґрунту залежно від його основного обробітку. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2019. № 1. С. 147–153.
384. Циков В. С. Кукуруза: технологія, гібриди, семена. Днепропетровск.: ВАТ Вид-во «Заря», 2003. С. 80–90.
385. Циков В. С., Матюха Л.П. Бур'яни: шкодочинність і система захисту. Дніпропетровськ.: ООО «ЕНЕМ». 2006. 86 с.
386. Циков В. С., Матюха Л.П., Ткаліч Ю. І. Захист зернових культур від бур'янів у Степу України. Дніпропетровськ.: «Нова ідеологія». 2012. 211 с.
387. Цилюрик О. І. Вплив попередників, добрив та погодних умов на продуктивність та якість зерна озимої пшениці в умовах підзони північного Степу України. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2005. Т. 4 (22). С. 230–235.

388. Цилюрик О. І. Вплив способів основного обробітку ґрунту на забур'яненість чистих парів в Степу України. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. Дніпропетровськ, 2010. № 39. С. 137–142.
389. Цилюрик О. І. Вплив способів основного обробітку чистого пару на агрофізичні властивості та водний режим ґрунту. *Агрохімія і ґрунтознавство*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених присвяченій 125-й річниці з дня народження О.Н. Соколовського “ Ґрунтово – агрохімічні основи розвитку сучасного агровиробництва ” (24–25 вересня 2009 р.). Харків. 2009. № 71. С. 31–36.
390. Цилюрик О. І. Забур'яненість чистого пару за різних способів його обробітку в Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2009. № 1. С. 28–33.
391. Цилюрик О. І., Горобець А. Г., Шапка В. П. Чизельний обробіток ґрунту під ячмінь ярий в північному Степу. *Бюлетень ІСГСЗ НААН України*. Дніпропетровськ, 2013. № 4. С. 14–17.
392. Цилюрик О. І., Десятник Л. М., Березовський С. В. Забур'яненість агроценозів кукурудзи під впливом обробітку ґрунту та удобрення в північному степу України. *Зернові культури*. Дніпро, 2020. Т. 4, № 1. С. 152–159.
393. Цилюрик О. І., Шапка В. П. Ефективність безполицевого обробітку ґрунту за вирощування ячменю ярого в Північному Степу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2014. № 1. С. 25–29.
394. Цилюрик О. І., Шевченко М. С. Роль чистого пару в накопиченні води і відновленні водного балансу в сівозміні. *Зернові культури*. Дніпро, 2019. Т. 3, № 2. С. 318–330.
395. Ціноутворення та нормативні витрати в сільському господарстві (теорія, методологія, практика) / За ред. П. Т. Саблука, Ю. Ф. Мельника, М. В. Зубця, В. Я. Месель-Веселяка. В 2 т. К.: ННЦ ІАЕ УААН, 2008. Т. 1. Теорія ціноутворення та технологічні карти вирощування с.-г. культур. 698 с.

396. Цьова Ю. А. Агроекологічне значення способів механічного обробітку ґрунту в умовах Полтавської області: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 03.00.16 «Екологія». Житомир, 2017. 24 с.
397. Цюк О. А. Забур'яненість агрофітоценозів буряків цукрових залежно від систем землеробства. *Карантин і захист рослин*. Київ, 2016. № 2–3. С. 18–20.
398. Черенков А. В. Горбатенко А. І., Горобець А. Г., Коваленко В. Ю., Чабан В. І., Цилюрик О. І. Оптимізація азотного живлення озимої пшениці по чистому пару. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2007. № 3. С. 11–14.
399. Чернявський О. А. Ґрунтозахисне землеробство. Чернівці.: Прут, 1994. 205 с.
400. Черняк М. О. Ефективність систем хімічного захисту посівів пшениці озимої від бур'янів. *Новітні агротехнології: електронний науковий журнал*. 2020. № 8. С. 25–32.
401. Черчель В. Ю., Шевченко М. С. Агроресурси і наукове моделювання виробництва 100 мільйонів тонн зерна. *Зернові культури*. Дніпро, 2020. Т. 4, № 1. С. 53–63.
402. Черячукін М. І. Наукове обґрунтування та розроблення заходів основного обробітку ґрунту в зональних системах землеробства Правобережного Степу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора с.-г. наук: спец. 06.01.01 «Загальне землеробство». Київ, 2016. 51 с.
403. Черячукін М.І., Григор'єва О.М. Ефективність прямої сівби на чорноземі звичайному важкосуглинковому Правобережного Степу. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2019. № 10. С. 5–11.
404. Чичуліна К.В. Кореляційний зв'язок в економіко-математичних моделях. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2012. № 1(4), Т. 3, С. 250–255.
405. Чумак В. С. Наукове обґрунтування ефективності сівозмін і добрив у північному Степу України: дис. доктора с.-г. наук: 06.01.01. Чумак В. С. Дніпропетровськ., 2001. 435 с.

406. Чумак В. С., Десятник Л. М., Кохан А. В. Поживний режим зернових і олійних культур на чорноземах України. *Бюлетень ІСГСЗ НААН України*. Дніпропетровськ, 2012. 3. С. 131–134.
407. Чумак В. С., Циліурик О. І. Режим вологи та її баланс у сівоzmінах північного Степу. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 2005. № 1–2. С. 28–33.
408. Чумак В. С., Явтушенко В. В., Циліурик О. І. Вплив погодних умов, попередників та добрив на продуктивність озимої пшениці. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. 2002. № 18–19. С. 78–81.
409. Шаповал І. С. Агробіологічні основи формування стійких урожаїв пшениці озимої на чорноземах типових Лівобережного Лісостепу України : Монографія. Чорнобай: Чорнобаївське поліграфічне підприємство Чорнобай. 2012. 332 с.
410. Швебс Г. И. Теоретические основы эрозиоведения. Киев-Одесса. : Вища школа, 1981. 224 с.
411. Шевченко М. В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в польових сівоzmінах Лівобережного Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора с.-г. наук: спец. 06.01.01 «Загальне землеробство». Дніпропетровськ, 2015. 40 с.
412. Шевченко М. В. Системи обробітку ґрунту. *Землеробство*. Вип. 80 К.: ВД «Емко», 2008. С. 33–39.
413. Шевченко М. Позбутися ґрунтової ерозії. *The Ukrainian Farmer*. 2019. № 2. С. 48–52.
414. Шевченко М. С., Десятник Л. М. Урожайність кукурудзи на зерно залежно від ланки сівоzmіни, обробітку та удобрення ґрунту. *Від сорту до гібрида: селекція, насінництво, технологія*: матеріали Міжнар. наук. конф. з нагоди 125-річчя від Дня народж. докт. № 3/4 (93/94), 2022 53 2022.3/4.183. с.-г. наук, проф., акад. ВАСГНІЛ Бориса Павловича Соколова (Дніпро, 15–16 верес. 2022 р.). Дніпро, 2022. С. 79–81.

415. Шевченко М. С., Десятник Л. М., Швець Н. В., Шевченко С. М. Методика визначення вологості ґрунту: класичні помилки і об'єктивні фізичні параметри. *Зернові культури*. Дніпро, 2018. Том 2, № 2. С. 309–313.
416. Шевченко М. С., Шевченко С. М., Шевченко О. М., Деревенець-Шевченко К. А., Швець Н. В. Агробіологічні та технологічні методи підвищення протиерозійного потенціалу ґрунтів у сівозміні. *Agrology*. Дніпро, 2019. Vol. 2(2), P. 122–127.
417. Шевченко М.С., Шевченко С. М., Швець Н. В. Фактори сівозмінного комплексу і фітоценотичні мутації забур'яненості посівів. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. Дніпро, 2016. № 3 (41), С. 62–67.
418. Шикула М. К., Гнатенко О. Ф. та ін. Охорона ґрунтів. Київ: Знання, 2001. 398 с.
419. Шило С. Л., Центилю Л. В., Бабенко А. І. Урожайність пшениці озимої залежно від попередників у Правобережному Лісостепу України. *Рослинництво та ґрунтознавство*. Київ, 2021. Т. 12. № 3. С. 48–55.
420. Шиятый Е. И. Методика определения ветроустойчивости поверхности почв по показателям состояния поверхности почвы. Шортандты, 1971. С. 1–5.
421. Шкалій С. М., Баган А. В., Юрченко С. О., Четверик О. О. Вплив попередників на урожайність та якість зерна нових сортів пшениці озимої твердої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2021. № 1. С. 65–71.
422. Шкварук М. М., Делеменчук М. І. Ґрунтознавство. Київ: Урожай, 1989. 388 с.
423. Шокало Н. С., Белецький В. О. Застосування післясходових гербіцидів у посівах кукурудзи на зерно. *Таврійський науковий вісник: [зб. наук. пр.]* Херсон, 2022. Вип. 123: С.-г. науки. С. 153–158.
424. Шустік Л. Погорілий В., Сидоренко С., Степченко С., Гайдай Т., Лень О., Клочай О. Вплив способів сівби на розвиток рослин та продуктивність

- посівів соняшнику в умовах лісостепу України. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*: зб. наук. пр. / ДНУ «УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого». Дослідницьке, 2022. Вип. 30 (44). С. 116–125
425. Щербак І. Е. Ґрунтозахисна система обробітку полі. К. : Знання, 1980. 222 с.
 426. Щербаков В. И., Зуза А. Г., Р. Ф. Истомина Совершенствовать основную обработку почвы в Донбассе. Земледелие. 1984. № 11 С. 18–20.
 427. Якість ґрунту. Визначання структурно-агрегатного складу ситовим методом у модифікації Н.І. Саввінова: ДСТУ 4744:2007. К.: Держспоживстандарт України, 2008. 12 с. (Національні стандарти України).
 428. Якість ґрунту. Визначання сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод: ДСТУ ISO 11465:2001 (ISO 11465:1993, IDT). К.: Держспоживстандарт України, 2001. 10 с. (Національні стандарти України).
 429. Якість ґрунту. Визначання твердості ґрунту твердоміром Ревякіна: ДСТУ 5096:2008. К. т: Держспоживстандарт України, 2009. 4 с. (Національні стандарти України).
 430. Якість ґрунту. Визначання щільності складення на суху масу: ДСТУ ISO 11272:2001 (ISO 11272:1998, IDT). К. : Держспоживстандарт України, 2003. 15 с. (Національні стандарти України).
 431. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини: ДСТУ 4289:2004 (зі скасуванням в Україні ГОСТ 26213-91 та ОСТ 4647-76). К.: Держспоживстандарт України, 2005. 16 с. (Національні стандарти України).
 432. Якунін О. П. Мінімалізація обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи в північному Степу України: автореф. дис на здобуття наук. ступеня док. с.– г. наук. Дніпропетровськ, 1993. 28 с.
 433. Яровенко В. В. Способи обробітку ґрунту і розміщення насіння бур'янів по шарах ґрунту. *Вісник аграрної науки*. Київ, 1997. № 8. С. 5–7.

434. Яровский А. Г. Максимчук И. П., Манько Ю. П. Дифференцированная обработка почвы в Лесостепи Украины. *Земледелие*. 1988. № 3. С. 44–45.
435. Ярошенко С. С. Морозостійкість та зернова продуктивність пшениці озимої залежно від агротехнічних прийомів вирощування. *Зернові культури*. Дніпро, 2020. Т. 4, № 1. С. 64–70.
436. Яценко С. В. Вплив ґрунтозахисних технологій на протиерозійну стійкість та родючість чорнозему типового сильно змитого: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2008. 22 с.
437. Ярчук І. І., Позняк В. В., Кобос І. О. Ефективність застосування ретарданту хлормекват-хлорид у посівах пшениці озимої з різною густиною. *Зернові культури*. Дніпро, 2017. Т. 1. № 1. С. 306–313.
438. Ярчук І. І., Мельник, Т. В. Попередники та строки сівби пшениці твердої озимої. *Scientific Progress & Innovations*, 2018. (2), 30–34.
439. Abaye D.A. Changes in the microbial community of an arable soil caused by long-term metal contamination. *European Journal of Soil Science*. 2021. № 56. P. 93–102.
440. Abdullah A., Identifying agriculture land acquisitions for alleviating future food security concerns. *Food Science and Technology*. 2019. 39(2), 301–307.
441. Achankeng E., Cornelis W. Conservation tillage effects on European crop yields: A meta-analysis. *Field Crops Research*. 2023. 298(3), 108967.
442. Achenbach P. *Ber Ackerbau ohne Boden Wendung zur Sicherstellung der Ernteertrage*. Berlin. 1921. S. 40–49.
443. Ali S., Hanif M. A., Umar M., Manzoor A., Shafique O., Khan B. A., Ahmed, I. Broad leaved weed's seed bank and flora dynamics in wheat as affected by different herbicides. *Pakistan Journal of Agricultural Research*. 2022. 35 (1), 58–69.
444. Alijani K., Kazemeini S. A., Bahrani M. J., Ghadiri H. Weed seed bank as affected by tillage, residue, and fertilization management under sweet corn-wheat cropping sequence in Iran. *Weed Biology and Management*. 2023. 23(1), 3–13

445. An Y., Ma Y., Shui J., Zhong W., Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) has ability to induce germination of *Orobancha cumana*. *Journal of Plant Interactions*, 2015. 10 (1), 142–151.
446. Bajwa A. A., Farooq M., Abdullah M. A., Ahmad N., Khawar, J., Siddique K. H. Impact of climate change on biology and management of wheat pests. *Crop Protection*, 2020. 137, article number 105304.
447. Beckie H. J., Owen M. J., Borger C. P., Gill G. S., Widderick M. J. Agricultural weed assessment calculator: An Australian evaluation. *Plants*. 2020. 9(12), article number 1737.
448. Blunk S., Bussell J., Sparkes D., de Heer M. I., Mooney S. J., Sturrock C. J. The effects of tillage on seed-soil contact and seedling establishment. *Soil and Tillage Research*. 2021. 206, 104757.
449. Bocianowski J., Majchrzak L., Bujak H., Nowosad, K. Effect of cover crops and soil tillage methods for sowing spring wheat (*Triticum aestivum* L.) on selected soil physical properties. *Applied Ecology & Environmental Research*. 2023. 21(6), 5091–5105.
450. Boincean B. P., Dent D. L., Farming the black earth. Sustainable and climate-smart management of chernozem soils (Cham: Springer Nature Switzerland). 2019.
451. Boressen T. The effect of straw management and reduced tillage on soil properties and crop yields of spring-sown cereals on two loam soils in Norway. *Soil and Tillage Research*. 1999. 51 (1–2): 91–102.
452. Brandsaeter L. O., Netland J., Meadov R. Yields, weeds, pests and soil nitrogen in a white cabbage-living mulch system. *Biological Agriculture and Horticulture*. 2018. № 16. P. 291–309.
453. Busari M. A., Kukal S. S., Kaur A., Bhatt R., Dulazi A. A. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International Soil and Water Conservation Research*. 2015. 3 (2), 119–129.
454. Butkeviciene L. M., Skinuliene L., Auželien E.I., Bogužas V., Pupaliene R., Steponavicien E. V. The influence of long-term different crop rotations and

- monoculture on weed prevalence and weed seed content in the soil. *Agronomy*. 2021. 11(7), article number 1367.
455. Cannel R. G. Reduced tillage in northwest Europe – a review. *Soil tillage Res.* 1985. № 2. Vob. 5. P. 129–177.
 456. Chalmers A. G. A review of fertilizer, lime and organic manure use on farm crops in Great Britain from 1983 to 1997. *Soil Use and Management*. 2001. № 17. P. 254–262.
 457. Chorny, S. G., Isaeva, V. V., Salinisation of chernozem soils by brackish irrigation water in southern Ukraine. *International Journal of Environmental Studies*. 2023. 80 (2), 421–432.
 458. Chushkina I., Hapich H., Matukhno O., Pavlychenko A., Kovalenko V., Sherstiuk Y., Loss of small rivers across the steppe: Climate change or the hand of man. Case study of the Chaplynka River. *International Journal of Environmental Studies*, 2024. 81(2), 1–15.
 459. Cruse R. M., Linden D., Radke J. K., Larson W. E. and Larntz K. A model to predict tillage effects on soil temperature. *Soil Science Society of America Journal*. 1980. 44(2), 378–383.
 460. Crutchfield D. A., Burnside O. C. Effect of winter wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch level on weed control. *Weed Science*. 1986. V. 34. P. 110–114.
 461. Dahri I. A., Tagar A. A., Adamowski J., Leghari N., Shah A. R., Soomro S. A. Influence of straw incorporation-to-planting interval on soil physical properties and maize performance. *International Agrophysics*. 2018. 32(3), 341–347.
 462. Derpsch R. The extent of Conservation Agriculture adoption worldwide: Implications and impact. Paper presented to 3 World Congress on Conservation Agriculture. Nairobi. Kenya. October. 2005. P. 1–21.
 463. Elen O. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. III. Cereal diseases. *Crop Protection*. 2002. № 21. S. 195–200.
 464. Fetyukhin I. V., Chernenko I. E., Avdeenko I. A. Resistance of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to oxyfluorfen when applied during the growing season.

- IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. 723, article number 022051.
465. Foulkes J., Silvester-Bradley R., Scott R. K. Evidence for differences between winter wheat cultivars in acquisition of soil mineral nitrogen and uptake and utilization of applied fertilizer nitrogen. *Journal of Agricultural Science*. 1998. № 130. P. 29–44.
 466. Ghosh S., Das T. K., Nath C. P., Bhatia A., Biswas D. R., Bandyopadhyay K. K., Yeasin Md., Raj R. Weed seedbank, above-ground weed community and crop yields under conventional and conservation agriculture practices in maize-wheat-mungbean rotation. *Weed Research*. 2023. 63 (4), 270–281.
 467. Hakansson I. Soil tillage for production and for protection of soil and environmental quality: a Scandinavian viewpoint. *Soil Till. Res.* № 30. 1944. P. 109–124.
 468. Haruna S. I., Nkongolo N. V. Effects of tillage, rotation and cover crop on the physical properties of a silt-loam soil. *International Agrophysics*. 2015. 29 (2), 137.
 469. He J., Li H., Kuhn N. J., Wang Q., Zhang X. Effect of ridge tillage, no-tillage, and conventional tillage on soil temperature, water use, and crop performance in cold and semi-arid areas in Northeast China. *Soil Research*. 2010. 48(8), 737–744.
 470. Horn R. Die Vorhersage des Eindringwiderstandes von Boden anhand von multiplen Regressionsanalysen. *Kulturtechn und Flurberlin*. 1984. V. 25. № 6. P. 377–380.
 471. Idziak R., Waligóra H., Szuba V. The influence of agronomical and chemical weed control on weeds of corn. *Journal of Plant Protection Research*. 2022. 62(2), 215–222.
 472. Johnson M. D. and Lowery, B. Effect of three conservation tillage practices on soil temperature and thermal properties. *Soil Science Society of America Journal*. 1985. 49 (6), 1547–1552.

473. Karuma A., Mtakwa P., Amuri N., Gachene C.K., Gicheru, P. Tillage effects on selected soil physical properties in a maize-bean intercropping system in Mwala District, Kenya. *International Scholarly Research Notices*. 2014. 497505.
474. Kassam A., Friedrich T., Derpsch, R. Global spread of conservation agriculture. *International Journal of Environmental Studies*. 2019. 76(1), 29–51. doi: 10.1080/00207233.2018.
475. Kolli R. Soil conservation in Estonia. Report D 1.1 A9. KASSA Project. France.: CIRAD, 2006. PP. 1–22.
476. Le Garrec L. Evaluation environnementale et économique des pratiques agricoles en techniques de conservation des sols. Etude INTRA. APAD, 2003. 161 p.
477. Liebman M. Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Research*. № 40. PP. 27–47.
478. Liu X., Zang J., Fu Y., Pan X., Meng D., Zhu Y., Sun T. Influences of conservation tillage on soil macrofaunal biodiversity and trophic structure in the Mollisol region of Northeast China. *Catena*. 2021. 236, 107750.
479. Lundgren J. G., Anderson, R. L. Suppression of weed communities by granivores over time in an agroecosystem. *Ecosphere*. 2023. 14 (8), article number e4641.
480. Maqsood Q., Abbas R. N., Khaliq A., Zahir Z. A. Weed seed bank dynamics: weed seed bank modulation through tillage and weed management. *Planta Daninha*. 2018. 36, article number e018166706.
481. 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. 20 (3), 2597–2607.
482. Mishchenko Y., Kovalenko I., Butenko A., Danko Y., Trotsenko V., Masyk I., Zakharchenko E., Hotvianska A., Kyrsanova G., Datsko O. 2022a. PostHarvest Siderates and Soil Hardness. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 23(3), 54–63. doi: 10.12912/27197050/147148

483. Molinero-Ruiz L., García-Carneros A. B., Collado-Romero M., Raranciuc S., Domínguez J., Melero-Vara J. M. Pathogenic and molecular diversity in highly virulent populations of the parasitic weed *Orobanche cumana* (Sunflower broomrape) from Europe. *Weed Research*. 2014. 54 (1), 87–96.
484. Munkholm L. J., Schonning P., Rasmussen K. J., Tandrup K. Spatial and temporal effects of direct drilling on soil structure in the seeding environment. *Soil Till.* 2003. Res. 71, P.163–173.
485. Muñoz-Romero V., Lopez-Bellido L. and Lopez-Bellido R. J. Effect of tillage system on soil temperature in a rainfed mediterranean vertisol. *International Agrophysics*. 2015. 29(4), 467–473.
486. Nath C. P., Hazra K. K., Kumar N., Singh S. S., Praharaj C. S., Singh U., Singh N. P., Nandan R. Impact of crop rotation with chemical and organic fertilization on weed seed density, species diversity, and community structure after 13 years. *Crop Protection*. 2022. 153, article number 105860.
487. Netland J., Waalen W. Conservation agriculture in Norway. Report 1.1. A 7. KASSA Project. France.: CIRAD. 2006. P. 1–28.
488. Pala M. et al. Tillage systems and stubble management in Mediterranean-Type environmental in relation to crop yield and soil moisture. *Exp. Agr.*. 2000. № 36. P. 223–242.
489. Paradowski A. Ochrona zboż przed chwastami. Zboże wysokiej jakości. Warszawa. *Biznes-Press*. 2005. 2-gie wyd. S. 50–60.
490. Parihar C. M., Yadav M. R., Jat S. L., Singh A. K., Kumar B., Pradhan S., Chakraborty D., Jat M. L., Jat R. K., Saharawat Y. S., Yadav O. P. Long term effect of conservation agriculture in maize rotations on total organic carbon, physical and biological properties of a sandy loam soil in north-western Indo-Gangetic Plain. *Soil and Tillage Research*. 2016. 161, 116–128.
491. Phillips S. H. No-tillage farming. Reiman Associates, Milwaukee, Wisconsin, 1973. 224 pp.
492. Qi J.Y., Yao X. B., Zhang X. C., Fan M. Y., Xue J.-F., Cao J. L., Virk A. L., Pan S.-G., Tang X.-R. Effects of tillage practices on soil organic carbon, microbial

- community and necromass in a double rice cropping system. *Applied Soil Ecology*. 2024. 194, 105190.
493. Ramadhan M. N., Significance of tillage techniques on a melioration of some soil properties and maize production: A review. *International Journal of Agricultural and Statistical Sciences*. 2023. 19(1 (Supp)), 19.
 494. Rigden A. J., Mueller N. D., Holbrook N. M., Pillai N., Huybers P. Combined influence of soil moisture and atmospheric evaporative demand is important for accurately predicting US maize yields. *Nature Food*. 2020. 1(2), 127–133.
 495. Robert M. Carbon sequestration in soils – proposals for land management.: Rome: FAO. 2001. 67 pp.
 496. Rocha P. R. R., Maia S. D. S., Melo V. F., Uchôa S. C., Batista K. D., Cavalcante L. A. Cover crops on soil quality and yield of cowpea under no-tillage in the Amazon savanna. *Acta Scientiarum Agronomy*. 2023. 46(1), e62853.
 497. Romaneckas K., Šarauskis E., Avižienytė D., Buragienė S., Arney D. The main physical properties of planosol in maize (*Zea mays* L.) cultivation under different long-term reduced tillage practices in the Baltic region. *Journal of Integrative Agriculture*. 2015. 14(7), 1309–1320.
 498. Russel E.W., Keen B. A. The effect of cultivation on crop yield. agric. Sc. 1938. 282 p.
 499. Rzaliyev A., Goloborodko V., Bekmuhametov S., Ospanbayev Z, Sembayeva, A. Influence of tillage methods on food security and its agrophysical and water-physical properties. *Food Science and Technology*. 2023. 43, e76221.
 500. Schnee L., Sutcliffe L. M. E., Leuschner C., Donath T. W. Weed seed banks in intensive farmland and the influence of tillage, field position, and sown flower strips. *Land*. 2023. 12(4), article number 926.
 501. Shamsabadi H. A. T., Ahmad D., Azmi Y., Yield components of sweet corn (*Zea mays*) and some soil physical properties towards different tillage methods and plant population. *Agricultural Engineering International*. 2017. 19(3), 56–63.

502. Shcatula Y. Assessment of the effectiveness of the application of technological elements in the growing of winter wheat. *Polish journal of science*. 2020. № 25. P. 12–21.
503. Shen Y., McLaughlin N., Zhang X., Xu M., Liang A. Effect of tillage and crop residue on soil temperature following planting for a Black soil in Northeast China. *Scientific Reports*. 2018. 8 (1), 4500.
504. Simard M.-J., Nurse R. E., Minville A. K., Maheux L., Laforest M., Obeid K. Weed emergence and seedbank after three years of repetitive shallow cultivation in a muck soil field. *Canadian Journal of Plant Science*. 2022. 102(2), 405–413.
505. Spoth M. P., Schwartz-Lazaro L. M., LaBiche G. L., Thomason W. E., Bamber K. W., Flessner M. L. Quantifying nutrient and economic consequences of residue loss from harvest weedseed control. *Agronomy*. 2022. 12(9), article number 2028.
506. Steponavičienė V., Rudinskienė A., Žiūraitis G., Bogužas V. The impact of tillage and crop residue incorporation systems on agrophysical soil properties. *Plants (Basel)*. 2023. 12 (19), 3386.
507. Tebrügge F. C. Comparison of soil machine interactive by intensive tillage and no tillage. Proceeding 4th Inten. Conf. on Soil Dynamics, CD rom. Adelaide, Australia. 2002. 22 p.
508. Thinggard K. Organic seed. Conservation agriculture and GM crops in Denmark.. Report D 1.1 A4. KASSA Project. France. : CIRAD. 2006. P. 1–16.
509. Tourdonnet S., Nozieres A. Conservation agriculture, organic farming and GM crops in France. Report D 1.1. A1. KASSA Project. CIRADO, France, 2006. P. 1–36.
510. Vandeputte E. Changes in the agricultural practices by giving up ploughing. Report D 1.1. A2. KASSA Project. CIRADO, France. 2006. P. 1–11.
511. Wang X., Qi J., Liu B., Kan Z. R., Zhao X., Xiao X. P., Zhang H. L. Strategic tillage effects on soil properties and agricultural productivity in the paddies of Southern China. *Land Degradation & Development*. 2020. 31(10), 1277–1286.

512. Winkle M. E., Leavit J. R. C., Burnside J. C. Effect of weed density on herbicide absorption and bioactivity. *Weed Science*. 1981. v. 29. P. 405–409.
513. Winkler J., Kopta T., Ferby V., Neudert L., Vaverková M.D. Effect of tillage technology systems for seed germination rate in a laboratory tests. *Environments*. 2022. 9 (2), 13.
514. Yang Y., Ding J., Zhang Y., Wu J., Zhang J., Pan X., Gao C., Wang Y., He F. Effects of tillage and mulching measures on soil moisture and temperature, photosynthetic characteristics and yield of winter wheat. *Agricultural Water Management*. 2018. 201, 299–308.
515. Ye X., Chen J., McErlean C. S. P., Ma Y., Yu R., Zhang M., The potential of foxtail millet as a trap crop for sunflower broomrape. *Acta Physiologiae. 2017. Plantarum* 39, 1.
516. Ye X., Zhang M., Dong S., Ma Y. Conditioning duration and agents involved in broomrape seeds responding to germination stimulants. *Plant Growth Regulation*. 2017. 81 (2), 221–230.
517. Ye X., Zhang M., Zhang M., Ma Y., Assessing the performance of maize (*Zea mays* L.) as trap crops for the management of sunflower broomrape (*Orobancha cumana* Wallr.). *Agronomy*. 2020. 10 (1), 100.
518. Zakharchenko E. A., Mischenko Y. H. Impact of different tillage practices and green manure on physical properties of Chernozem soil. *Degradation and revitalization of soil and landscape : proceedings* : International conference, (10–13 September 2017). Czech Republic : Palacky University in Olomouc, 2017. P. 51.

ДОДАТКИ

Додаток А.1

Географічне розташування навчально-наукового центру ДДАЕУ
(48.5142156202711, 35.24789895842995)



CNES/Astrium, Cnes/Spot Image, DigitalGlobe, Landsat, 2024., Картографічні дані: Google, 2024.

Додаток А.2

Схема досліду зерно-паро-просапній короткоротаційній сівозміні
(вивчення глибини обробітку ґрунту)

Чорний пар та с/г культури	Глибина оранки, см		
	12–14	20–22	25–27
Чорний пар	12–14	20–22	25–27
Пшениця озима	12–14*	20–22*	25–27*
Кукурудза на зерно	12–14	20–22	25–27
Соняшник	12–14	20–22	25–27

Примітки: * – обробіток в системі чорного пару під пшеницю озиму

Додаток А.3

Дослідні ділянки навчально-наукового центру ДДАЕУ



Додаток А.4

Проведення приймання дослідів комісією ДДАЕУ



Додаток А.5

Географічне розташування наукового стаціонарного дослідів ДУ ІЗК НААНУ
(48.27179446259308, 34.94569020766492)



CNES/Astrium, Cnes/Spot Image, DigitalGlobe, Landsat, 2024., Картографічні дані: Google, 2024.

Додаток А.6

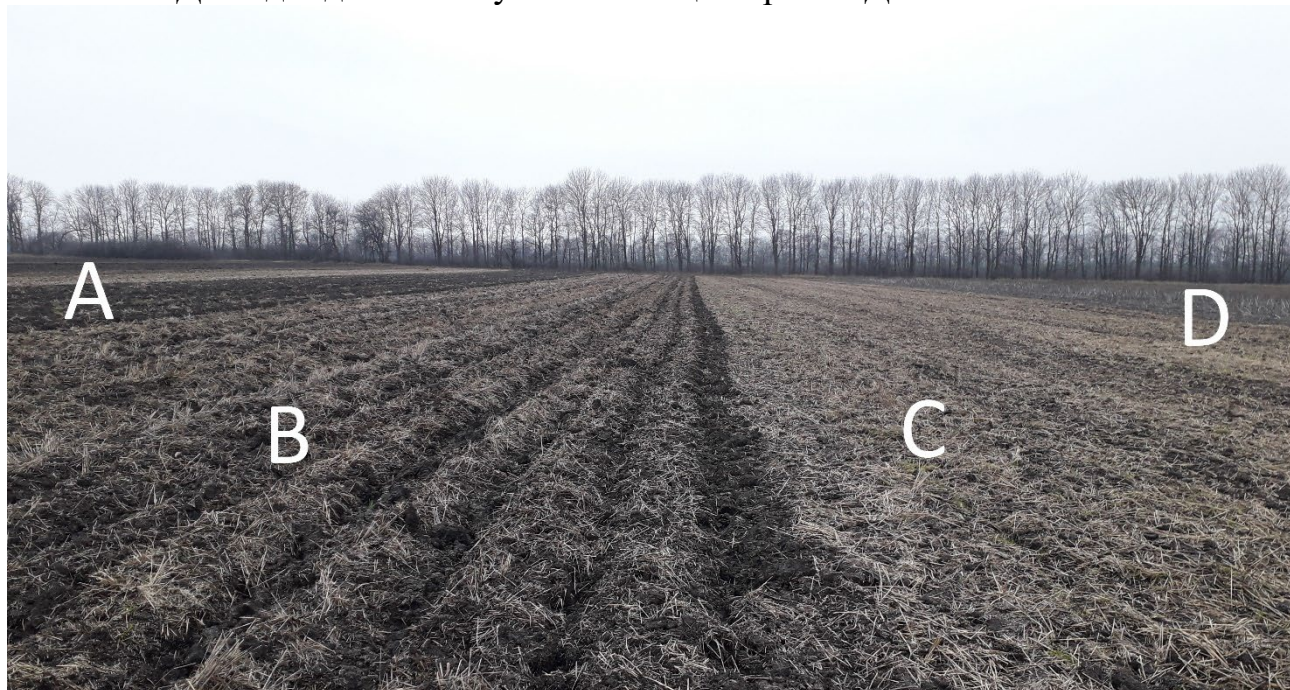
Схема стаціонарного дослідів (прийоми і глибина обробітку ґрунту, см)

Сівозміна	Система обробітку ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
*Чорний пар/ Горох	23–25см/ 20–22 см	25–27 см/ 20–22 см	12-14 см/ 10-12 см	нульовий
Пшениця озима	16–18 см	20–22 см	10–12 см	нульовий
Соняшник	23–25 см	25–27 см	12–14 см	нульовий
Ячмінь ярий	20–22 см	20–22 см	10–12 см	нульовий
Кукурудза на зерно	23–25 см	25–27 см	12–14 см	нульовий

Примітка: * – чисельник (зерно-паро-просапна сівозміна: чорний пар–пшениця озима–соняшник–ячмінь ярий–кукурудза на зерно); знаменник – (зерно-просапна сівозміна: горох–пшениця озима–соняшник–ячмінь ярий–кукурудза на зерно)

Додаток А.7

Дослідні ділянки наукового стаціонарного ДУ ІЗК НААНУ



А – оранка, В – чизельний обробіток ґрунту, С – дисковий обробіток, D – No-till

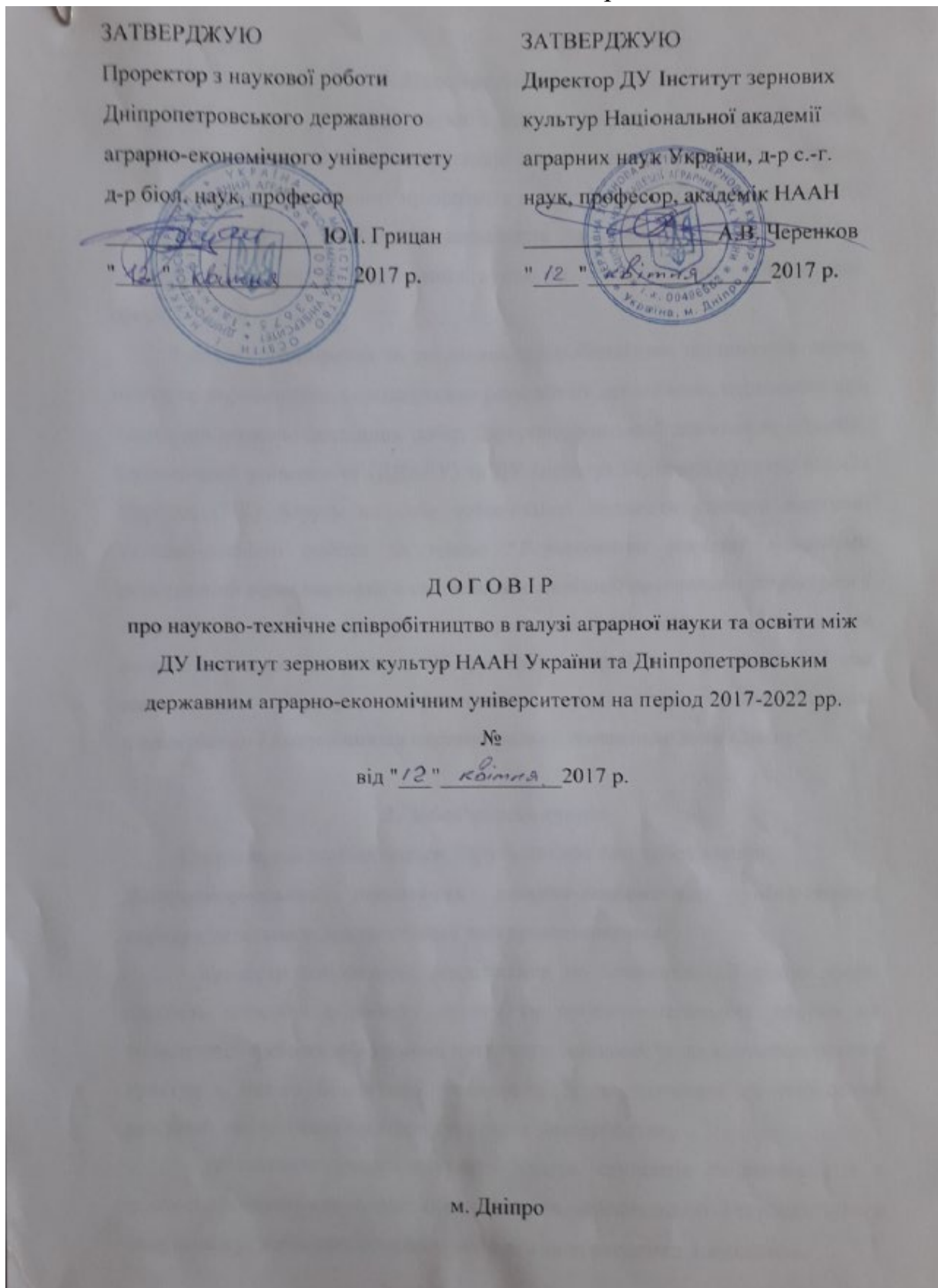
Додаток А.8

Експертна оцінка якості виконання польових робіт в дослідях ДУ ІЗК НААНУ



Додаток А.9

Фрагмент договору про науково-технічне співробітництво в галузі аграрної науки та освіти між ДУ Інститут зернових культур НААН України та Дніпропетровським державним аграрно-економічним університетом від 12 квітня 2017 р.



Додаток А.10

Фрагмент договору про науково-технічне співробітництво в галузі аграрної науки та освіти між ДУ Інститут зернових культур НААН України та Дніпропетровським державним аграрно-економічним університетом від 12 квітня 2017 р.

6. Фінансування НДР

Сторони домовляються, виконують роботу, передбачену цим договором, за рахунок власних коштів в межах основної діяльності без взаємних фінансових розрахунків.

ЮРИДИЧНІ АДРЕСИ СТОРІН:

Дніпропетровський державний
аграрно-економічний університет
49600, м. Дніпро,
вул. Сергія Єфремова, 25,
кафедра загального землеробства та
грунтознавства

Завідувач кафедри загального
землеробства та грунтознавства ДДАЕУ
доктор с.-г. наук, професор

Ткаліч Ю.І.

ДУ Інститут зернових культур
НААН України
49600, м. Дніпро,
вул. Володимира Вернадського, 14

Зав. лаб. сівозмін та
протиерозійного обробітку ґрунту
кандидат с.-г. наук

Десятник Л.М.

Начальник науково-дослідної
частини, доктор наук з державного
управління, кандидат технічних наук,
доцент

А.М. Пугач

Додаток А.11

Географічне розташування науково-дослідної станції
з рекультивації земель ДДАЕУ (47.65060519063045, 34.1437313313765)



CNES/Astrium, Cnes/Spot Image, DigitalGlobe, Landsat, 2024., Картографічні дані: Google, 2024.

Додаток А.12

Схема дослідного поля науково-дослідної станції
з рекультивації земель ДДАЕУ (загальна площа 6,7 га)

Технозем, сформований гумусованою ґрунтовою масою чорнозему південного (горизонти Н+Н_р). 50 см шар нанесено на технічну суміш лесоподібних та червоно-бурих суглинків. Загальна площа моделі – 2,7 га. В сільськогосподарському освоєнні – з 1973 року.	
Технозем, сформований технічною сумішкою червоно- бурих глин і суглинків. Технічна суміш червоно-бурих глин та суглинків потужністю не менше 2 м без покриття родючим шаром чорнозему. Загальна площа моделі 1 га. В сільськогосподарському освоєнні з 1971 року	Технозем, сформований сіро-зеленими мергелястими глинами. Сіро-зелені мергелясті глини потужністю не менше 2 м без покриття родючим шаром чорнозему. Загальна площа моделі 1 га. В сільськогосподарському освоєнні з 1971 року.
Технозем, сформований лесоподібними суглинками Лесоподібні суглинки потужністю 2 м (нижче – технічна суміш червоно- бурих глин та суглинків) без покриття їх родючим шаром зонального ґрунту. Загальна площа моделі – 2 га. В сільськогосподарському освоєнні з 1973 року.	

Додаток А.13

Дослідні ділянки науково-дослідної станції
з рекультивації земель ДДАЕУ



Додаток А.14

Наукова оцінка польових досліджень з рекультивації земель



Додаток Б.1

Метеорологічні дані по АМС м. Дніпро за 2012 рік

Місяць	Температура повітря, °С				Відносна вологість повітря, %				Опади, мм			
	за декаду			за місяць	за декаду			середнє	за декаду			Σ
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
Березень	-4,5	1,3	4,3	0,4	-	-	76	76	17,8	1,6	24,7	44,1
Середні багаторічні	-1,9	0,1	3,8	0,7					13,0	9	12	34
Квітень	90	13,2	18,3	13,5	75	65	55	65	3,1	5,1	6,5	14,7
Середні багаторічні	7,7	9,0	11,6	9,4					10,1	15,1	12,8	38,0
Травень	22,0	22,0	17,8	20,6	55	59	65	60	0,3	22,5	24,3	47,1
Середні багаторічні	14,1	16,4	17,0	15,8					13	15	19	47
Червень	20,4	25,2	23,0	22,9	64	56	52	57	27,5	0,1	1,4	29,0
Середні багаторічні	19,1	19,1	20,6	19,6					14,0	27,0	18,0	59,0
Липень	25,1	24,6	26,7	25,5	58	58	46	54	12,3	10,8	46,5	69,6
Середні багаторічні	20,8	21,7	21,3	21,3					21,0	17,1	18,2	56,0
Серпень	27,3	20,4	20,2	22,6	46	67	79	64	4,4	57,2	62,6	124
Середні багаторічні	21,6	20,9	19,3	20,6					9,1	13,2	15,0	37,1
Вересень	16,9	17,5	17,2	17,2	69	62	79	70	8,7	0	25,5	34,2
Середні багаторічні	17,8	15,3	13,0	15,4					14,1	10,1	12,2	36,3

Додаток Б.2

Метеорологічні дані по АМС м. Дніпро за 2013 рік

Місяць	Температура повітря, °С				Відносна вологість повітря, %				Опади, мм			
	за декаду			за місяць	за декаду			середнє	за декаду			Σ
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
Березень	0,7	2,1	0,5	1,1	-	79	74	77	20,4	13,8	25,3	59,5
Середні багаторічні	-1,9	0,1	3,8	0,7					13,1	9,0	12,1	34,2
Квітень	9,0	11,5	14,7	11,7	74	60	53	62	5,1	5,2	0,1	10,4
Середні багаторічні	7,7	9	11,6	9,4					10,1	15,2	13,3	38,4
Травень	19,6	20	21	20,2	52	67	60	60	-	17,7	4,2	21,7
Середні багаторічні	14,2	16,6	17,3	16,0					13,2	17,2	16,1	46,2
Червень	20	23,2	24,5	22,6	71	58	57	62	14,4	6,5	3,3	24,2
Середні багаторічні	19,1	19,1	20,6	19,6					14,0	27,0	18,2	59,2
Липень	24,1	22,4	19,7	22,1	63	64	67	65	27,6	9,5	2,8	39,9
Середні багаторічні	20,8	21,7	21,3	21,3					21,0	17,2	18,1	56,3
Серпень	22,0	24,9	21,1	22,7	67	51	62	60	23,7	0	5,6	29,3
Середні багаторічні	21,6	20,9	19,3	20,6					9,1	13,0	15,2	37,4
Вересень	14,4	16,3	9,4	13,4	77	76	79	77	21,5	24,5	21,9	67,9
Середні багаторічні	17,8	15,3	13,0	15,4					14,1	10,1	12,0	36,2

Додаток Б.3

Метеорологічні дані за АМС м. Дніпро за 2014 рік

Місяць	Температура повітря, °С				Відносна вологість повітря, %				Опади, мм			
	за декаду			за місяць	за декаду			середнє	за декаду			Σ
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
Березень	3,6	6,1	8,6	6,1	-	60	53	57	2,6	18,3	0	20,9
Середні багаторічні	-1,9	0,1	3,8	0,7					13,0	9,0	12,0	34,0
Квітень	6,2	10,3	13,9	10,1	59	75	65	66	11,2	34,7	5,0	50,9
Середні багаторічні	7,7	9	11,6	9,4					10,0	15,0	13,0	38,0
Травень	13,9	19,5	21,4	18,3	67	73	60	67	10,0	41,9	72,8	124
Середні багаторічні	14,2	16,6	17,3	16,0					13,0	17,0	17,0	47,0
Червень	21,5	17,9	17,8	19,1	65	65	70	67	49,6	8,9	47,5	106
Середні багаторічні	19,1	19,1	20,6	19,6					14,0	27,0	18,0	59,0
Липень	21,5	23,7	24	23,1	64	63	53	60	21,2	17,3	16,8	55,3
Середні багаторічні	20,8	21,7	21,3	21,3					21,1	17,1	18,1	56,3
Серпень	26,2	23,9	19,1	23,1	47	60	62	56	16,7	15,0	16,1	47,8
Середні багаторічні	21,6	20,9	19,3	20,6					9,1	13,1	15,1	37,1
Вересень	20,9	16,7	12,2	16,6	51	52	77	60	0,8	0,9	74,7	76,4
Середні багаторічні	17,8	15,3	13,0	15,4					14,2	10,2	12,0	36,4

Додаток Б.4

Метеорологічні дані по АМС м. Дніпро за 2015 рік

Місяць	Температура повітря, °C				Відносна вологість повітря, %				Опади, мм			
	за декаду			за місяць	за декаду			середнє	за декаду			Σ
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
Березень	2,4	5,2	5,3	4,3	-	67	65	66	19,6	50,1	34,9	104
Середні багаторічні	-1,9	0,1	3,8	0,7					13,1	9,0	12,1	34,2
Квітень	5,1	9,9	11,8	8,9	78	66	62	69	54,7	21,1	8,3	84,1
Середні багаторічні	7,7	9	11,6	9,4					10,0	15,1	13,0	38,1
Травень	13,4	15,7	19,8	16,3	73	57	64	65	21	6,3	5,5	32,8
Середні багаторічні	14,2	16,6	17,3	16,0					13,1	17,2	16,1	46,4
Червень	21,5	22,2	20,1	21,3	57	65	82	68	1,3	11,1	40,1	52,5
Середні багаторічні	19,1	19,1	20,6	19,6					14,1	27,0	18,2	59,3
Липень	23,3	19,6	25,1	22,7	67	65	61	64	12	17,2	0	29,2
Середні багаторічні	20,8	21,7	21,3	21,3					21,1	17,0	18,3	56,4
Серпень	24,6	22,4	20,8	22,6	53	60	52	55	5,4	43,7	0	49,1
Середні багаторічні	21,4	20,7	19,1	20,4					9,1	13,1	15,2	37,4
Вересень	22,1	17,8	20,1	20,0	56	56	59	57	0,1	0,5	0	0,6
Середні багаторічні	17,8	15,3	13	15,4					14,1	10,0	12,0	36,0

Додаток Б.5

Метеорологічні дані по АМС м. Дніпро за 2016 рік

Місяць	Температура повітря, °C				Відносна вологість повітря, %				Опади, мм			
	за декаду			за місяць	за декаду			середнє	за декаду			Σ
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
Березень	6,5	3,0	4,1	4,5	86	72	85	81	5,9	8,0	29,8	43,7
Середні багаторічні	-1,9	0,1	3,9	0,7					13,1	9,0	12,2	34,3
Квітень	11,6	14,4	12,0	12,7	56	71	72	66	1,9	17,8	42,4	62,1
Середні багаторічні	10	15	13	12,7					7,7	9,0	11,6	28,3
Травень	14,4	14,7	18,0	15,7	71	80	74	75	14,6	17,0	28,8	60,4
Середні багаторічні	14,2	16,6	17,3	16,0					13,0	0	16,1	29,0
Червень	16,3	21,1	24,6	20,7	65	75	68	69	3,0	36,6	10,7	50,3
Середні багаторічні	19,1	19,1	20,6	19,6					14,1	27,3	18,1	59,2
Липень	21,0	25,7	23,1	23,3	59	57	66	61	8,5	42,0	0,4	50,9
Середні багаторічні	20,8	21,7	21,3	21,3					21,0	17,0	18,0	56,0
Серпень	25,4	21,5	24,1	23,7	59	70	60	63	11,3	9,7	1,5	22,5
Середні багаторічні	21,6	20,9	19,3	20,6					11,3	13,0	15	39,3
Вересень	20,5	16,0	10,8	15,8	54	59	79	64	0	32,7	10,0	42,7
Середні багаторічні	17,8	15,3	13,0	15,4					14,0	10,1	12,1	36,0

Додаток Б.6

Метеорологічні дані по АМС м. Дніпро за 2017 рік

Місяць	Температура повітря, °С				Відносна вологість повітря, %				Опади, мм			
	за декаду			за місяць	за декаду			середнє	за декаду			Σ
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
Березень	5,8	4,6	6,9	5,8	78	76	58	71	0	10,1	1,3	11,4
Середні багаторічні	-1,9	0,3	4,0	0,8					0	8,0	11,8	19,8
Квітень	10	7,0	10,2	9,1	68	71	64	68	12,5	54,3	20,5	87,3
Середні багаторічні	12,3	9,0	11,8	11,0					11,4	13,0	13,9	38,3
Травень	16,3	12,4	17,4	15,4	53	69	59	60	2,6	14,6	5	22,2
Середні багаторічні	14,1	16,4	17,0	15,8					13,0	15,1	19,2	47,3
Червень	19,9	19,3	23,3	20,8	54	62	60	59	6,2	13	13	32,2
Середні багаторічні	18,9	19,0	20,4	19,4					18,2	25	19,1	62,3
Липень	19,9	21,1	23,9	21,6	65	60	62	62	32,2	6,1	19,0	57,3
Середні багаторічні	20,7	21,5	21,1	21,1					21,1	17,1	17,0	55,2
Серпень	27,1	26,8	19,4	24,4	56	35	61	51	0	0,1	10,0	10,1
Середні багаторічні	21,4	20,7	19,1	20,4					0	14,3	15,2	29,5
Вересень	18,2	22,1	15,0	18,4	69	52	55	59	18	0,7	13,1	31,8
Середні багаторічні	17,6	15,2	13,0	15,3					15,1	10,0	12,0	37,0

Додаток Б.7

Метеорологічні дані по АМС м. Дніпро за 2018 рік

Місяць	Температура повітря, °C				Відносна вологість повітря, %				Опади, мм			
	за декаду			за місяць	за декаду			середнє	за декаду			Σ
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
Березень	-3,0	-0,8	0	-1,3	-	-	-		38,0	49,0	20,0	107
Середні багаторічні	-1,9	0,9	4,0	1,0					10,0	8,0	12,0	30,0
Квітень	10,6	13,4	15,1	13,0	61	56	54	57	6,9	6,6	2,8	16,3
Середні багаторічні	7,8	9,1	11,5	9,4					11,0	12,9	14	37,9
Травень	20,7	16,6	19,2	18,8	48	65	55	56	0,6	26,7	4,1	31,4
Середні багаторічні	14,1	16,4	17,0	15,8					12,0	15,0	18,6	45,6
Червень	18,6	23,4	23,1	21,7	53	49	59	54	8,1	3,9	35,2	47,2
Середні багаторічні	18,9	19,0	20,4	19,4					18,2	24,4	19,0	61,6
Липень	21,8	23,1	23,7	22,9	60	69	72	67	3,3	30,0	46,1	79,4
Середні багаторічні	20,7	21,5	21,2	21,1					20,6	17,0	17,1	54,7
Серпень	23,6	24,0	23,3	23,6	56	47	40	48	0,9	0	0	0,9
Середні багаторічні	21,4	20,7	19,1	20,4					10,0	0	0	10,0
Вересень	22,0	18,3	13,6	18,0	46	68	70	61	26	7,3	22,0	55,3
Середні багаторічні	17,6	15,2	13,0	15,3					15,0	10	12,0	37,0

Додаток Б.8

Таблиця метеорологічні дані по АМС м. Дніпро за 2019 рік

Місяць	Температура повітря, °C				Відносна вологість повітря, %				Опади, мм			
	за декаду			за місяць	за декаду			середнє	за декаду			Σ
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
Березень	4,3	4,1	5,2	4,5	69	69	67	68	5,0	3,3	9,0	17,3
Середні багаторічні	-5,9	0,3	4,0	-0,5					10,0	8,7	12,0	30,7
Квітень	9,5	9,2	13,9	10,9	49	74	54	59	1,2	38,2	4,6	44,0
Середні багаторічні	7,8	9,0	11,5	9,4					10,9	13,0	13,9	37,8
Травень	14,8	19,2	20,1	18,0	72	66	67	68	23,0	4,5	24,9	52,4
Середні багаторічні	14,2	16,4	17,0	15,9					13,0	15,0	19,0	47
Червень	23,2	25,3	23,3	23,9	64	54	51	56	29,0	1,5	2,9	33,4
Середні багаторічні	18,9	19,0	20,4	19,4					18,0	25,0	19,3	62,3
Липень	21,3	20,0	22,9	21,4	61	62	63	62	51,0	2,7	19	72,7
Середні багаторічні	20,7	21,5	21,2	21,1					21,4	16,9	17,0	55,3
Серпень	19,0	21,9	22,9	21,3	67	63	49	60	53,0	0,4	0	53,4
Середні багаторічні	20,4	20,7	19,1	20,1					16,0	13,3	0	29,3
Вересень	21,1	16,1	11,9	16,4	53	54	63	57	3,6	7,3	7,3	18,2
Середні багаторічні	17,6	15,2	13,0	15,3					15,0	10,1	12,0	37,1

Додаток Б.9

Метеорологічні дані по АМС м. Дніпро за 2020 рік

Місяць	Температура повітря, °C				Відносна вологість повітря, %				Опади, мм			
	за декаду			за місяць	за декаду			середнє	за декаду			Σ
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
Березень	9,7	5,8	5,9	7,1	67	59	54	60	1,4	5,6	13,3	20,3
Середні багаторічні	-1,9	0,3	4,0	0,8					8,8	8,0	12,1	28,9
Квітень	7,4	8,7	10,7	8,9	42	49	50	47	0,4	7,0	3,2	10,6
Середні багаторічні	7,8	9,0	11,6	9,5					10	13,0	13,9	36,9
Травень	14,6	14,0	13,5	14,0	67	62	72	67	22	13,3	40,0	75,3
Середні багаторічні	14,1	16,4	17,0	15,8					13,0	14,9	19,0	46,9
Червень	19,6	23,3	23,6	22,2	64	64	62	63	16,8	28,7	11,1	56,6
Середні багаторічні	18,9	19,0	20,4	19,4					18,1	25,0	19,1	62,2
Липень	25,1	21,8	23,6	23,5	54	58	51	54	5,7	11,7	10	27,4
Середні багаторічні	20,7	21,5	21,2	21,1					21,1	17,0	17,0	55,1
Серпень	23,3	21,0	21,8	22,0	50	53	54	52	0,8	1,5	15,5	17,8
Середні багаторічні	21,4	21,3	19,1	20,6					10,0	15,1	16,0	41,1
Вересень	22,9	17,6	17,1	19,2	44	50	56	50	2,9	0	21,1	24,0
Середні багаторічні	17,6	15,2	13,0	15,3					15,3	0	12,0	27,3

Додаток Б.10

Метеорологічні дані по АМС м. Дніпро за 2021 рік

Місяць	Температура повітря, °С				Відносна вологість повітря, %				Опади, мм			
	за декаду			за місяць	за декаду			середнє	за декаду			Σ
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
Березень	0,2	1,4	3,1	1,6	74	76	78	76	10,5	16,9	21,2	48,6
Середні багаторічні	13,0	9,1	12,2	11,3					1,9	0,1	3,8	5,8
Квітень	6,4	8,9	8,7	8,0	73	75	69	72	8,0	13,0	17	38,0
Середні багаторічні	8,0	10,4	12,4	10,3					15,0	0,8	12,0	27,8
Травень	13,2	16,0	18,2	15,8	67	69	61	66	11,3	8,8	6,9	27
Середні багаторічні	18,1	16,3	14,7	16,4					12,6	17,3	21	50,9
Червень	15,0	19,9	23,7	19,5	82	79	70	77	122,5	67,4	12,7	202,6
Середні багаторічні	19,4	21,1	21,2	20,6					15,0	19,1	27,5	61,6
Липень	22,5	25,5	22,8	23,6	72	64	67	68	18,9	8,7	41,8	69,4
Середні багаторічні	22,0	22,7	23,4	22,7					17,1	15,0	18,2	50,3
Серпень	24,1	22,4	22,0	22,8	67	66	63	65	21,0	29,0	1,4	51,4
Середні багаторічні	23,3	22,4	20,5	22,1					14,0	14,0	1,7	29,7
Вересень	14,3	17,3	10,0	13,9	62	61	77	67	4,8	14,6	4,1	23,5
Середні багаторічні	15,0	10,3	18,0	14,3					18,0	16,3	14,1	48,4

Додаток Б.11

Метеорологічні дані по АМС м. Дніпро за 2022 рік

Місяць	Температура повітря, °С				Відносна вологість повітря, %				Опади, мм			
	за декаду			за місяць	за декаду			середнє	за декаду			Σ
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
Березень	-1,9	-3,9	5,9	0,03	-	-	53	53	20,4	3,1	1,5	25,0
Середні багаторічні	0,9	2,1	4,0	2,3					2,9	15,0	14	31,9
Квітень	10,5	7,5	12,2	10,1	64	67	86	72	5,8	47,2	7,4	60,4
Середні багаторічні	8,0	10,4	12,4	10,3					15,1	13,3	12,2	40,6
Травень	13,1	15,3	17,1	15,2	54	55	63	57	44	17,6	1,5	63,1
Середні багаторічні	14,9	16,4	18,2	16,5					12	16	21	49
Червень	22,3	22,5	21,9	22,2	58	57	63	59	16,1	6,1	7,4	29,6
Середні багаторічні	19,4	21,1	21,2	20,6					15	19	27	61,0
Липень	24,9	20,3	21,9	22,4	51	65	65	60	0,1	19,5	16,6	36,2
Середні багаторічні	22,0	22,7	23,4	22,7					17,1	15,3	18,0	50,4
Серпень	23,6	24,8	25,2	24,5	71	65	96	77	39,1	6,7	36	81,8
Середні багаторічні	23,3	22,4	20,5	22,1					14,0	14,1	17,4	45,6
Вересень	15,5	16,1	13,5	15,0	62	77	81	73	7,4	10,6	16,0	34,0
Середні багаторічні	18,0	16,3	14,1	16,1					15,0	10,2	8,0	33,2

Додаток В.1

Характеристика досліджуваних сортів і гібридів сільськогосподарських культур

СОРТ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ СПІВАНКА



Заявник: Дніпропетровський державний аграрний університет.

Автори сорту: Ковалевська Н. І., Бережна Л. А., Олексюк О. М.

М'яка озима пшениця, різновид еритроспермум. Екотип степовий. Тип сорту за висотою рослин – середньорослий, висота 98 см.

Кущ сланкої форми. Листя вузьке, темно-зелене.

Колос білий призматичної форми. Колосові луски овально-яйцеподібної форми. Кільковий зубець гострий, довгий. Відрізняється від інших сортів різновиду еритроспермум тим, що остюки на верхівці колоса короткі – 0,5–1,0 см, а сорту Фантазія одеська – довгі – 5,0–1,0 см. Зернівка овальної форми, червона. Маса 1000 насінин 40 г.

Біологічні особливості. Тривалість вегетаційного періоду 287 діб, або на 2 доби менше, ніж стандарту Фантазії одеської.

Належить до середньоранніх. 42

Посухостійкість висока – 5 балів. Стійкість до полягання 5 балів. Слабо уражується борошнистою росою – на 0,1 %, бурю іржею – на 3,1 %, септоріозом – 0,5 %. Сорт адаптований до умов Степу.

За урожайністю в Степу України в Держвипробуванні показав гарантовану перевагу над національними стандартами: по кращих попередниках 26 %, по гірших – 20 % (на 0,8–1,1 т/га).

Хлібопекарські якості високі: вміст білка 14,42 %, клейковини – 36,0 %, сила борошна 310 о. а, об'єм хліба із 100 г борошна – 785 мл, загальна оцінка 4,5 балів, що вище стандарту Фантазії одеської, для якої ці показники становлять 0,23; 6,2; 20; 65 і 0,5 відповідно.

Занесений у «Реєстр сортів рослин України» як середньоранній, сильний за якістю зерна, для вирощування в Степу України.

Додаток В.2

Характеристика досліджуваних сортів і гібридів сільськогосподарських культур

СОРТ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ КОМЕРЦІЙНА



Заявник: Дніпропетровський державний аграрний університет.

Автори: Ковалевська Н. І., Бережна Л. А., Лобко Т. К., Пастух В. П.

Сорт створений шляхом схрещування Донська 89 * Берегиня і добором за раннім початком трубкування. Різновид лютесценс. Рекомендований для вирощування в Степу України.

Апробаційні ознаки. Колеоптиль без антоціанового забарвлення або з дуже слабким. Кущ сланкої форми. За висотою рослини – 105 см – належить до середньорослих. Соломина невивпннена, з восковою поволокою. Листя зелене. Колос білий, безостий, із сильною восковою поволокою, веретеноподібний, середньої довжини та щільності. Колоскова луска овальної форми. Зубці або остюки на верхівці

колоса короткі. Плече пряме. Зернівка червона, середньої довжини, ширини та крупністі. Маса 1000 зерен 40,7 г. Середньоранній, вегетаційний період 280–283 дні.

Біологічні та господарські ознаки. Зимостійкість сорту – вище середньої (підвищена), у польових умовах за роки випробування становила 8,5–9,0 бала. Стійкість до вилягання – 8 балів, до посухи – 8 балів. 43

Урожайність – 8,55 т/га, або на 2,0 т/га вище за стандартний сорт Лузанівка одеська.

Ураженість хворобами, %: борошнистою росою – 1,0; бурю іржею – 3,0; фузаріозом колоса – 3,0; летючою – 0,0; твердою сажкою – 0,0.

Пошкодженість шкідниками, % – внутрішньостебловими – 0,0.

Борошномельні та хлібопекарські показники: зерно містить 13,6 % білка, 32,0 % клейковини, індекс деформації клейковини (ІДК) – 70 о. п., сила борошна (W) – 268 о. а., об'єм хліба із 100 г борошна – 740 мл, загальна хлібопекарна оцінка – 8,5 бала.

Додаток В.3

Характеристика досліджуваних сортів і гібридів сільськогосподарських культур

СОРТ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ КУЯЛЬНИК*Середньоранній**Різновид* Еритроспермум*Оригінатори* [Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення НААН України](#)**В Державному реєстрі сортів рослин України з 2003 р.***Зони вирощування* Степ*Колос* Веретеноподібний
Солом'яно-жовтий
Середньої довжини
Нещільний*Зернівка* Яйцеподібна
Середньої крупності
Маса 1000 зерен 40-42 г*Соломина* Середньої товщини
Міцне*Листя* Середнє за розміром
Розміщення горизонтальне*Остюки* Середньої довжини та грубості
Розходяться врізнобіч*Стійкість (з 9 балів)*

- До вилягання **9 балів**
- Морозо- та зимостійкість **7-8 балів**
- До посухи **7-8 балів**
- До хвороб **9 балів**
- До проростання зерна в колосі **8 балів**
- До осипання **8 балів**

Урожайність За роки випробування по чорному пару 60,5 ц/га
по непарових попередниках – 53,7 ц/га*Якість*

по чорному пару:
 вміст білка 15,1%
 вміст клейковини – 31,8%
 ВДК – 40 о.п.
 сила борошна (W) 450 о.а.
 об'єм хліба із 100 г борошна 1200 мл

по непарових попередниках:
 вміст білка 14,3%
 вміст клейковини – 29,9%
 ВДК – 70 о.п.
 сила борошна (W) – 386 о.а.
 об'єм хліба із 100 г борошна 1100 мл

Відноситься до групи сильних сортів пшениці

Додаток В.4

Характеристика досліджуваних сортів і гібридів сільськогосподарських культур

СОРТ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ПОДОЛЯНКА



У Реєстрі сортів рослин України з 2003 р.

Рекомендований для вирощування в Степу, Лісостепу та на Поліссі.

Автори: В. В. Моргун, В. Ф. Логвиненко, О. Л. Уліч, Л. О. Животков, М. П. Чебаков, В.А. Власенко, В.В. Шелепов

Господарські та біологічні характеристики:

- * Високоврожайний, максимальна врожайність 113,7 ц/га
- * Середньоранній
- * Зимостійкість висока (7–8 балів)
- * Посухостійкість висока (7–8 балів)
- * Середньостійкий до вилягання
- * Стійкість до обсіпання висока (7–9 балів)
- * Середньостійкий проти ураження борошнистою росою, бурюю листковою іржею, корневими гнилями

Якість зерна. Вміст білка 13,5–14,7%, сирої клейковини – 28,7–31,5%, сила борошна 320–410 о.а., об'єм хліба 1100–1210 см³. Борошномельні та хлібопекарські властивості відмінні. Загальна оцінка хлібопекарських властивостей 4,0–4,2 бала. Сильна пшениця.

Апробаційні ознаки. Різновидність лютесценс. Колос конусоподібний, середньої щільності, на верхівці має остюкоподібні відростки. Колоскова луска овальна. Зубець короткий, тупий, плече пряме, широке. Кіль тупий, сильно виявлений. Зернівка велика, яйцеподібна, з неглибокою борозенкою.

Агротехнічні вимоги. Сорт універсального типу. Невибagliвий до умов вирощування, має високу екологічну пластичність. Придатний для вирощування за інтенсивною технологією з внесенням оптимальних доз мінеральних добрив та своєчасним захистом від бур'янів, хвороб і шкідників. Норма висіву 4,5–5,5 млн. схожих насінин на 1 га. На високих фонах мінерального живлення для запобігання виляганням необхідно вносити ретарданти.

Додаток В.5

Характеристика досліджуваних сортів і гібридів сільськогосподарських культур

СОРТ ГОРОХУ ЦАРЕВИЧ

Горох посівний *Pisum sativum* L.

Сорт безлисточковий, зерновий, придатний до прямого збирання



Внесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2008 році по Лісостеповій зоні та Полісся.

Різновид – *contectstum* (зчеплена), підрізновид – *ecaducum* (необсипаюча жовтонасіннєва).

Середньоранній – тривалість вегетаційного періоду 71-75 діб.

Напівкарликовий, висота рослин 50-70 см, число міжвузлів до першого суцвіття 11-13, маса 1000 зерен 270-280 г.

Стійкий до вилягання та обсипання зерна.

Стійкий до аскохітозу та фузаріозу.

Зерно має високі смакові якості.

Потенційна врожайність до 6 т/га. У 2009 році в ДП ДГ "Олександрівське" Тростянецького р-ну Вінницької обл. урожайність склала 4,36 т/га. Максимальна урожайність – 5,92 т/га – отримана у 2005 р. у Рівненському ДЦЕСР.

Норма висіву 1,2 млн. схожих насінин на 1 га. Необхідні вчасні обробки інсектицидами проти горохового зерноїда та попелиць.

Додаток В.6

Характеристика досліджуваних сортів і гібридів сільськогосподарських культур

СОРТ ГОРОХУ МАДДОНА

Горох Мадонна – ранній сорт інтенсивного типу вирощування. Стійкий до посушливих умов і осипання. Цей сорт відмінно підходить для збирання комбайном.

Мадонна – горох половинчасто-безлистого типу. Стандартна висота рослини 52-90 сантиметрів. Квітка біла, дві квітки на вузол. Сім'ядолі жовті. Форма насіння злегка вигнута. Стійкий до осипання та вилягання. Добре переносить посуху. Сорт використовується в продовольчих цілях.

Технологія вирощування без особливостей, застосовуються звичайні правила для високоінтенсивних сортів. Рекомендується передпосівна обробка спеціальними мікродобривами для гороху LF – бобові і протравлювачем для гороху Ультрафіт.

Агрономічні характеристики гороху Мадонна

- Вважається високоврожайним сортом. В Україні дає середню врожайність 37-50 ц/га, проте можливий результат – 55 ц/га.
- Період вегетації 68-80 днів.
- 1000 зернин сорту Мадонна важать близько 260-300 грамів.
- Високий вміст протеїнів 22-24%.
- Під час збирання рекомендована вологість зерна 16 – 19%.
- Норма при посіві 250-300 кг/га з урахуванням термінів посіву, погодних умов, особливостей та стану ґрунту.
- Стійкий до кореневої гнилі.

Додаток В.7

Характеристика досліджуваних сортів і гібридів сільськогосподарських культур

ГІБРИД КУКУРУДЗИ ОРЖИЦЯ 237 МВ

Оригіатор: Державна установа Інститут зернових культур НААН України

Простий модифікований середньоранній гібрид (ФАО 230).

Занесений до Реєстру сортів з 2010 р.

Зернового напрямку використання.

Рослина високоросла 250-260 см, не кущиться. Стійка до ламкості стебла.

Качан довжиною 20-21 см, число рядів зерен на качані 16-18, зерен в ряду 34-36, стрижень червоний.

Зерно оранжево-червоне, кременисто-зубовидне. Маса 1000 зерен 280 г.

Гібрид стійкий до вилягання. Відрізняється швидкою втратою вологи при дозріванні. Стійкість до ураження головними хворобами висока. Стійкий до пошкодження шкідниками.

Зона вирощування – Степ, Лісостеп, Полісся.

Густота стояння рослин в зоні Степу 50-55, Лісостепу 75-80, Полісся 80-85 тис. шт./га.

Потенційна врожайність зерна 11,0-12,0 т/га.

Особливості насінництва. Насіння на ділянках гібридизації вирощується на стерильній основі за схемою повного відновлення. Схема посіву батьківських компонентів на ділянці гібридизації 6:2 або 4:2. Висів батьківських компонентів одночасний.

Додаток В.8

Характеристика досліджуваних сортів і гібридів сільськогосподарських культур

ГІБРИД КУКУРУДЗИ ДН ВЕЛЕС

Оригіатор: Державна установа Інститут зернових культур НААН України

Простий модифікований середньоранній гібрид (ФАО 270).

Занесений до Реєстру сортів з 2016 р.

Напрямок використання – зерно, силос.

Рослина високоросла 230-240 см, у вологі та прохолодні роки проявляється слабке куціння. Качан кріпиться на висоті 85-95 см.

Качан довжиною 22-23 см, циліндричної форми, число рядів зерен 16, стрижень червоний. Дуже добре озернена верхівка качана. Вихід зерна 81-82%.

Зерно жовто-помаранчеве, зубоподібне, довгастої форми з добре вираженим мучнистим прошарком та ямкою у верхівці зернівки Маса 1000 зерен 280-300 г.

Гібрид відрізняється добре розвиненим листовим апаратом та ремонтантністю рослин, що зумовлює універсальність його використання на зерно і силос, особливо для зони Степу. Ремонтантність рослин особливо помітна в посушливі періоди, і призводить до дещо підвищеної вологості зерна при збиранні на 2-3%. Гібрид характеризується високою середньою холодостійкістю та високою посухостійкістю. Має повільний стартовий розвиток, але посіви добре вирівняні. Стійкість до враження пухирчастою сажкою, до стеблового та вегетативного вилягання добра.

Зона вирощування – Степ, Лісостеп, Полісся.

Рекомендована передзбиральна густина рослин в зоні Степу 50, Лісостепу 80, Полісся 80-90 тис. шт./га.

За даними екологічного випробування у 2013 р. середня урожайність зерна в 12 пунктах різних областей України склала 9,13 т/га при збиральній вологості зерна 24,1%, а в 2014 р. в тих же пунктах – 8,19 т/га при середній вологості зерна 20,3%. Для порівняння, середня урожайність стандарту гібрида Солонянський 298 СВ складала 8,72 та 7,23 т/га при збиральній вологості зерна 23,0 та 18,1% відповідно за роками.

Максимальна врожайність зерна 12,82 т/га, отримана у 2013 р. на дослідних ділянках Інституту землеробства НААН (м. Чабани).

Особливості насінництва. Насіння першого покоління на ділянках гібридизації вирощують на стерильній основі за схемою повного відновлення Батьківські компоненти висіваються одночасно, рекомендована схема посіву 6:2, 4:2.

Додаток В.9

Характеристика досліджуваних сортів і гібридів сільськогосподарських культур

ГІБРИД КУКУРУДЗИ ДН ХОРТИЦЯ

Оригіатор: Державна установа Інститут зернових культур НААН України

Простий модифікований середньоранній гібрид (ФАО 240).

Занесений до Реєстру сортів з 2016 р.

Зернового напрямку використання.

Рослина високоросла 230-240 см, не кущиться. Висота кріплення нижнього качана 100-110 см.

Качан циліндричної форми, довжиною 21-23 см, кількість рядів зерен на качані 14-16, стрижень червоний.

Зерно світло-жовте-оранжеве, зубоподібне. Маса 1000 зерен 260-270 г. Вихід зерна 83-84%.

Гібрид стійкий до вилягання і враження головними хворобами і шкідниками, але погано витримує тривалий перестій і тому не придатний для зимового збирання. Характеризується дуже інтенсивною вологовіддачею зерном і добре реагує на покращання умов вирощування. Холодостійкість гібрида добра, але посухостійкість та жаростійкість середня, особливо небезпечні високі температури повітря на завершальних етапах вегетації.

Зона вирощування – Степ, Лісостеп, Полісся.

Густота стояння рослин в зоні Степу 55-60, Лісостепу – 80, Полісся – 90-100 тис. шт./га.

Середня врожайність в екологічному випробуванні ДУ ІЗК НААН в 12 пунктах України у 2013 р. була 8,51 т/га, а в 2014 р. – 7,33 т/га при вологості зерна 20,2 та 16,6 відповідно за роками. У 2013 р. максимальна врожайність відмічена в Інституті землеробства НААН України (м. Чабани) – 11,77 т/га.

Потенційна врожайність зерна 13,0-13,5 т/га.

Особливості насінництва. Насіння першого покоління на ділянках гібридизації вирощують на стерильній основі за схемою відновлення фертильності. Рекомендовані схеми посіву батьківських компонентів 4:2 або 6:2. Посів батьківських компонентів одночасний, але чоловічий компонент має короткий період цвітіння волоті, тому важливо ділянки гібридизації розміщувати в сприятливих умовах чи на зрошенні, для покращення синхронізації цвітіння та збільшення пилкового фону. За результатами випробувань у 2013-2014 рр. врожайність материнського компоненту в середньому склала 4,48 т/га, а збиральна вологість зерна – 16,6%.

Характеристика досліджуваних сортів і гібридів сільськогосподарських культур

ГІБРИД КУКУРУДЗИ ДН АСТРА

Оригіатор: Державна установа Інститут зернових культур НААН України

Простий модифікований середньоранній гібрид (ФАО 270).

Занесений до Реєстру сортів з 2018 р.

Напрямок використання – зерно.

Рослина високоросла 250-270 см, не кущиться. Качан кріпиться на висоті 110-120 см.

Качан довжиною 22-24 см, циліндричної форми, число рядів зерен 16, стрижень червоний. Вихід зерна 83-84%.

Зерно жовто-оранжеве, зубоподібне. Маса 1000 зерен 300-310 г.

Характеризується дуже інтенсивною вологовіддачею зерном і добре реагує на покращання умов вирощування. Холодостійкість гібрида добра, при високій посухостійкості та жаростійкості. Гібрид високо стійкий до вегетативного та стеблового вилягання, ураження основними хворобами і шкідниками. Добре витримує тривалий перестій рослин. Середня врожайність у конкурсному випробуванні ДУ ІЗК НААН у 2016 р. була 8,43 т/га, а в 2017 р. – 7,15 т/га при вологості зерна 18,7 та 15,3 % відповідно за роками. Врожайність на зрошені, в Інституті зрошуваного землеробства НААН України (м. Херсон), склала 11,65 т/га.

Зона вирощування – Степ, Лісостеп, Полісся.

Рекомендована передзбиральна густина рослин в зоні Степу 55-60, Лісостепу 80, Полісся 90 тис. шт./га.

Потенційна врожайність зерна 13,5 т/га.

Особливості насінництва. Насіння першого покоління на ділянках гібридизації вирощують на стерильній основі за схемою повного відновлення. Батьківські компоненти висіваються одночасно, рекомендована схема посіву 6:2, 4:2. Чоловічий компонент має тривалий період цвітіння волоті, з інтенсивним пилковим фоном. За результатами випробувань у 2014-2017 рр. врожайність материнського компонента в середньому склала 4,15 т/га, а збиральна вологість зерна – 15,9%.

Додаток В.11

Характеристика досліджуваних сортів і гібридів сільськогосподарських культур

ГІБРИД СОНЯШИНКА ЗЛАТСОН

Соняшник *Helianthus annuus* L.

Лінолевого типу, олійного використання, високоврожайний, стійкий до вірулентних рас несправжньої борошнистої роси



Оригігатор – Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України.

Рік реєстрації – 2014, рекомендовано до вирощування в Степу та Лісостепу України.

Середньоранній, тривалість вегетаційного періоду 110-113 діб. Висота рослини – 170 см; кошик випуклої форми діаметром до 23 см.

Має високу стійкість до вилягання, осипання.

Досить витривалий до посухи.

Висока стійкість до несправжньої борошнистої роси, толерантний до гнилей кошика. Лушпинність 23%; маса 1000 насінин до 60 г; вміст олії в насінні 48,4%.

Потенціал урожайності гібрида – 4,73 т/га. Урожайність на демонстраційному полігоні Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва – 3,83 т/га, Полтавської ДСДС ім. М.І. Вавілова – 3,12 т/га.

Рекомендована густота посіву до збирання 50-55 тис. росл./га.

Особливості насінництва. Сівба батьківських компонентів на ділянках гібридизації у два строки. Материнський компонент висівають після появи сходів батьківської лінії. Співвідношення материнських і батьківських рядків на ділянках гібридизації може бути 6:2; 8:4; 10:2; 12:4.

Додаток В.12

Характеристика досліджуваних сортів і гібридів сільськогосподарських культур

ГІБРИД СОНЯШИНКА ЯСОН

Соняшник *Helianthus annuus* L.

Лінолевого типу, олійного використання, стабільно врожайний, універсального типу



Оригігатор – Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН.

Рік реєстрації – 2007, рекомендовано до вирощування в Степу та Лісостепу України.

Ранньостиглий, тривалість вегетаційного періоду 105-108 діб.

Висота рослини 175-180 см; кошик плескатої форми діаметром 18-24 см.

Має високу стійкість до вилягання, осипання. Посухостійкий. Толерантний до гнилей кошика.

Лушпинність 21,0-22,0%; маса 1000 насінин 60-61 г; вміст олії в насінні 50,1%.

Потенціал урожайності гібрида – 4,3 т/га, урожайність на демонстраційному полігоні Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва – 3,72 т/га, Полтавської ДСДС ім. М.І. Вавілова – 3,43 т/га.

Рекомендована густота посіву до збирання 45-50 тис. росл./га.

Особливості насінництва. Батьківські компоненти на ділянках гібридизації висівають одночасно. Співвідношення материнських і батьківських рядків на ділянках гібридизації може бути 6:2; 8:4; 10:2; 12:4.

Додаток Г
Види бур'янів, які зустрічалися в дослідях протягом
2012–2022 рр.

Види бур'янів		Родина	Біологічна група
Українська назва	Латинська назва		
1	2	3	4
1. Дуже широко поширені			
Осот рожевий	<i>Cirsium setosum</i> (Willd.) Bess.	айстрові	коренепаросткові
Берізка польова	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	берізкові	коренепаросткові
Гірчиця польова	<i>Sinapis arvensis</i> L.	капустяні	ранні ярі
Плоскуха звичайна	<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Baeuv.	тонконогові	пізні ярі
Мишій сизий	<i>Setaria glauca</i> (L.) Beauv.	тонконогові	пізні ярі
Лобода біла	<i>Chenopodium album</i> L.	лободові	ранні ярі
Осот жовтий	<i>Sonchus arvensis</i> L.	айстрові	коренепаросткові
Гірчак берізковидний	<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A.döve	гірчаківі	ранні ярі
Амброзія полинолиста	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	айстрові	пізні ярі
Щириця загнута	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	амарантові	пізні ярі
Вовчок соняшниковий	<i>Orobanchе cumana</i> Wallr.	вовчкові	кореневі паразити
Стоколос покрівельний	<i>Bromus tectorum</i> L.	тонконогові	озимі
2. Широко поширені			
Латук компасний	<i>Lactuca serriola</i> L.	айстрові	зимуючі
Метлюг звичайний			
Ваточник сирійський	<i>Asclepias syriaca</i> L.	айстрові	коренепаросткові
Кульбаба лікарська	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	айстрові	коренепаросткові
Ромашка (трехреберник) непахуча	<i>Matricaria perforate</i> Merat.	айстрові	зимуючі

1	2	3	4
Талабан польовий	<i>Thlaspi arvense</i> L.	капустяні	зимуючі
Фіалка польова	<i>Viola arvense</i> L.	фіалкові	зимуючі
Молочай лозний	<i>Euphorbia villosa</i> (virgata) Waldst. et Kit.	молочайні	коренепаросткові
Підмаренник чіпкий	<i>Galium aparine</i> L.	маренові	зимуючі
Егілопс циліндричний	<i>Aegilops cylindrica</i> Host.	тонконогові	ранні ярі
Зірочник середній	<i>Stellaria media</i> L.	гвоздикові	ефемери
Злинка канадська	<i>Erigeron canadensis</i> L.	айстрові	зимуючі
Нетреба звичайна	<i>Xanthium strumarium</i> L.	айстрові	пізні ярі
Портулак городній	<i>Portulaca oleracea</i> L.	портулакові	пізні ярі
Тонконіг однорічний	<i>Poa annua</i> L.	тонконогові	ранні ярі
3. Помірно поширені			
Дескурайнія Софії	<i>Descureinia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl	капустяні	зимуючі
Дурман звичайний	<i>Datura stramonium</i> L.	пасльонові	ярі пізні
Мак дикий	<i>Papaver rhoeas</i> L.	макові	зимуючі
Грицики	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	капустяні	зимуючі
Сухоребрик Льозеля	<i>Sisimbrium loeselii</i> L.	капустяні	зимуючі
Різак звичайний	<i>Falcaria vulgaris</i> Bernh.	селерові	коренепаросткові
Будяк колючий	<i>Carduus acanthoides</i> L.	айстрові	дворічні
Синяк звичайний	<i>Echium vulgare</i> L.	бурячкові	дворічні
Скирта покривна	<i>Crepis tectorum</i> L.	айстрові	озимі
Рижик посівний	<i>Camelina sativa</i> (L.) Crantz.	капустяні	зимуючі
Люцерна хмільовидна	<i>Medicago lupulina</i> L.	бобові	зимуючі

1	2	3	4
Осот городній	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	айстрові	пізні ярі
Чорноцир нетреболистий	<i>Cyclachaena xanthifolia</i> (Nutt.) Fresen.	айстрові	пізні ярі
Полинь гірка	<i>Artemisia absinthium</i> L.	айстрові	коренестрижневі
Щириця біла	<i>Amaranthus albus</i> L.	амарантові	пізні ярі
Димянка лікарська	<i>Fumaria officinalis</i> L.	макові	ранні ярі
Мишій зелений	<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.	тонконогові	пізні ярі
Тисячелистник звичайний	<i>Achillea millefolium</i> L.	айстрові	кореневищні
Щириця жминдовидна	<i>Amaranthus blitoides</i> S.Wats	амарантові	пізні ярі
Гірчак перечний	<i>Polygonum lapatipholium</i> S.	амарантові	ранні ярі
Резеда жовта	<i>Reseda lutea</i> L.	резедові	дворічні
Повитиця польова	<i>Cucscuta campestris</i> Juns.	повитицеві	стеблові паразити
Сокирки польові	<i>Consolida regalis</i> S.	жовтицеві	зимуючі
Щириця жминдовидна	<i>Amaranthus Blifoides</i> S. Wats.	щирицеві	пізні ярі
Цикорій дикий	<i>Cichorium inthybus</i> L.	айстрові	стрижнекореневі
Вероніка плющелиста	<i>Veronica hederifolia</i> L.	ранникові	зимуючі
Абутілон Теофраста	<i>Abutilon theophrasti</i> Medik.	мальвові	пізні ярі
Горошок волохатий	<i>Vicia villosa</i> Roth.	бобові	озимі
Геліотроп європейський –	<i>Heliotropium europaeum</i> L.	шорстколисті	пізні ярі
Лутига розлога	<i>Atriplex patula</i> L.	лободові	пізні ярі
Ценхрус мало квітковий	<i>Cenchrus paniciflorus</i> Bench C.	тонконогові	пізні ярі, карантинні

Додаток Д

Зустрічність бур'янів в посівах сільськогосподарських культур
за Раункієром, %

Види бур'янів	Роки спостережень				Середнє
	2018	2019	2020	2021	
1	2	3	4	5	6
горох					
<i>Тонконогові:</i>					
Мишій сизий	20	24	16	19	20
Плоскуха звичайна	13	14	15	10	13
<i>Двосім'ядольні:</i>					
Амброзія полинолиста	91	94	98	95	95
Фалопія берізковидна	23	15	10	17	16
Лобода біла	32	17	11	8	17
Чорнощир звичайний	4	2	1	3	3
Щириця звичайна	15	14	18	15	16
Осоти: види	13	15	20	18	17
Портулак огородній	3	8	7	5	6
пшениця озима					
<i>Тонконогові:</i>					
Мишій сизий	4	8	3	9	6
Плоскуха звичайна	3	4	5	1	3
Бромус: види	28	34	30	25	29
Тонконіг однорічний	11	16	12	10	12
Метлюг звичайний	19	26	16	28	22
<i>Двосім'ядольні:</i>					
Амброзія полинолиста	75	69	70	59	68
Березка польова	5	11	7	9	8
Лобода біла	22	18	10	14	16
Чорнощир звичайний	5	3	6	2	4
Щириця звичайна	25	24	28	25	26
Підмаренник чіпкий	18	16	33	25	23
Портулак огородній	8	10	9	4	8
Талабан польовий	12	8	14	15	12
Грицики звичайні	18	21	20	16	19
Дескуренія Софії	5	7	4	10	7

1	2	3	4	5	6
соняшник					
<i>Тонконогові:</i>					
Мишій сизий	16	12	14	8	13
Плоскуха звичайна	23	24	35	20	26
<i>Двосім'ядольні:</i>					
Амброзія полинолиста	92	95	98	97	96
Фалопія берізковидна	13	8	10	11	11
Лобода біла	32	37	31	24	31
Чорнощир звичайний	12	18	21	16	17
Щириця звичайна	65	64	68	55	63
Щириця жминдовидна	21	18	31	20	23
Портулак огородній	12	16	10	15	13
<i>Бур'ян-паразит :</i>					
Вовчок соняшниковий	22	18	25	28	23
ячмінь ярий					
<i>Тонконогові:</i>					
Мишій сизий	20	18	14	10	16
Плоскуха звичайна	8	6	13	10	9
Бромус: види	21	18	20	22	20
Тонконіг однорічний	12	15	8	10	11
Вівсюг	1	0	1	0	1
<i>Двосім'ядольні:</i>					
Амброзія полинолиста	65	59	60	74	65
Фалопія берізковидна	5	14	10	17	12
Лобода біла	22	14	13	9	15
Чорнощир звичайний	2	4	6	1	3
Щириця звичайна	45	34	38	35	38
Щириця жминдовидна	8	10	7	9	9
Портулак огородній	6	12	8	5	8
кукурудза на зерно					
<i>Тонконогові:</i>					
Мишій сизий	21	18	13	9	15
Плоскуха звичайна	71	81	73	82	77
<i>Двосім'ядольні:</i>					
Амброзія полинолиста	95	99	100	100	99
Фалопія берізковидна	36	19	21	22	25
Лобода біла	42	38	35	33	37
Чорнощир звичайний	12	15	13	18	15
Щириця звичайна	75	64	78	75	73
Щириця жминдовидна	28	26	34	35	31
Портулак огородній	57	41	68	52	55

Додаток Е

Препаративна та хімічна характеристика гербіцидів,
використаних в дослідках

№	Назва гербіциду	Препаративна форма	Хімічна назва діючої речовини та її вміст
1	2	3	4
1	Базагран	в.р.	бентазол, 250 г/л + МСРА, 125 г/л
2	Гезагард 500WP	к.с.	прометрин, 500 г/л
3	Гранстар 75	в.г.	трибенурон-метил, 750 г/кг
4	2,4-Д амінна сіль	в.р.	2,4-дихлорфеноксиоцтова кислота у формі диметиламінної солі, 685 г/л
5	Діален супер	в.р.	2,4-Д кислоти, 344 г/л + дикамби кислоти, 120 г/л
6	Мерлін 750	в.г.	ізоксафлютол, 750 г/л
7	Примекстра Голд 720SC	к.с.	S-метолахлор, 400 г/л + атразин, 320 г/л
8	Раундап	в.р.	ізопропіламінна сіль гліфосату, 482 г/л, у кислотному еквіваленті – 360 г/л
9	Раундап Біо	в.р.	ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л, у кислотному еквіваленті – 360 г/л
10	Тарга Супер	к.е.	хізалофон-петил, 100 г/л
11	Харнес	к.е.	ацетохлор, 900 г/л
12	Герб	к.е.	ацетохлор, 900 г/л
13	Таск екстра	в.г.	римсульфурон – 23 г/кг, нікосульфурон – 92 г/кг, дикамба – 550 г/кг
14	Євро-Лайтнінг	в.р.	15 г/л імазапір, 33 г/л імазамокс
15	Гранстар Голд	в.г.	трибенурон-метил – 562,5 г/кг, тифенсульфурон-метил – 187,5 г/кг
16	Хаммер	в.г.	флорасулам, 250 г/кг

1	2	3	4
17	Квелекс	в.г.	галауоксифен-метил 100г/кг + флорасулам, 100г/кг + клоквінтосет-кислоти, 70,8 г/кг (антидот)
18	Пріма Форте	с.е.	5 г/л флорасулам 10 г/л амінопіралід 180 г/л 2–етилгексиловий ефір 2,4–Д
19	Раундап Екстра	р.к.	540 г/л гліфосату у кислотному еквіваленті (663 г/л у формі калійної солі гліфосату)
20	Прімекстра TZGold	к.с.	метолахлор, 312,5 г/л +Тербутилазин, 187,5 г/л
21	Євро-Лайтнінг Плюс	р.к.	7,5 г/л Імазапір, 16,5 г/л Імазамокс
22	Елюміс	м.д.	30 г/л нікосульфурон 75 г/л мезотріон
23	Люмакс	с.е.	375 г/л S–метолахлору 125 г/л тербутилазин 37,5 г/л мезотріон
24	Фюзілад Форте	к.е.	150 г/л флуазифоп–П–бутил
25	Геліантекс	к.с.	галауоксифен-метил, 68,5 г/л

Додаток Ж.1

Банк насіння бур'янів в угіддях компонентів агроєкосистеми на різній глибині,
млн шт./га (2018 р., $\bar{x} \pm SD$, $n=12$)

Ґрунт, спосіб його використання	Шар ґрунту, см			
	0–10	0–20	0–30	0–40
Перелогові землі	7±1 ^a	8±1 ^a	9±1 ^a	9±1 ^a
Орні землі ДП ДГ «Дніпро» ДУ ІЗК НААН України	140±3 ^c	331±7 ^c	460±7 ^c	470±8 ^c
Фермерське господарство «Олімп-2012»	40±5 ^b	131±5 ^b	210±7 ^b	229±6 ^b
Полезахисні смуги	8±1 ^a	10±2 ^a	13±2 ^a	13±2 ^a
Наукові стаціонарні досліді ДУ ІЗК НААН України	49±4 ^b	148±5 ^b	224±6 ^b	235±5 ^b
ННЦ НДП ДДАЕУ	67±6 ^{bc}	189±6 ^{bc}	313±7 ^{bc}	318±5 ^{bc}
Техноземи НДС РЗ ДДАЕУ:				
Насипний родючий шар ґрунт	117±4 ^c	213±6 ^{bc}	301±5 ^c	319±6 ^c
Лесоподібний суглинок	62±3 ^{bc}	119±3 ^b	159±4 ^{bc}	172±5 ^{bc}
Червоно-бура глина	36±2 ^b	79±3 ^b	115±3 ^b	120±3 ^b
Сіро-зелена глина	45±2 ^b	98±2 ^b	136±4 ^b	140±3 ^b

Примітка: різними літерами позначені значення, які суттєво відрізняються одна від одної в межах колонки таблиці за результатами порівняння за критерієм Тьюкі ($P < 0,05$) з поправкою Бонферонні.

Додаток Ж.2

Банк насіння бур'янів в угіддях компонентів агроєкосистеми на різній глибині,
млн шт./га (2019 р., $\bar{x} \pm SD$, $n=12$)

Ґрунт, спосіб його використання	Шар ґрунту, см			
	0–10	0–20	0–30	0–40
Перелогові землі	6±1 ^a	7±1 ^a	8±1 ^a	8±1 ^a
Орні землі ДП ДГ «Дніпро» ДУ ІЗК НААН України	130±3 ^c	299±7 ^c	448±7 ^c	458±8 ^c
Фермерське господарство «Олімп-2012»	34±5 ^b	121±5 ^b	200±7 ^b	218±5 ^b
Полезахисні смуги	6±1 ^a	8±2 ^a	10±2 ^a	10±2 ^a
Наукові стаціонарні досліді ДУ ІЗК НААН України	39±4 ^b	138±5 ^b	211±6 ^b	223±5 ^b
ННЦ НДП ДДАЕУ	61±4 ^{bc}	178±6 ^{bc}	300±7 ^{bc}	306±5 ^{bc}
Техноземи НДС РЗ ДДАЕУ:				
Насипний родючий шар ґрунт	111±4 ^c	200±6 ^{bc}	281±5 ^c	302±6 ^c
Лесоподібний суглинок	57±3 ^{bc}	114±3 ^b	141±4 ^{bc}	160±5 ^{bc}
Червоно-бура глина	32±2 ^b	72±3 ^b	102±3 ^b	107±3 ^b
Сіро-зелена глина	38±2 ^b	87±2 ^b	128±4 ^b	130±3 ^b

Примітка: див. додаток Ж.1.

Додаток Ж.3

Банк насіння бур'янів в угіддях компонентів агроєкосистеми на різній глибині,
млн шт./га (2020 р., $\bar{x} \pm SD$, $n=12$)

Ґрунт, спосіб його використання	Шар ґрунту, см			
	0–10	0–20	0–30	0–40
Перелогові землі	8 ± 1^a	8 ± 1^a	9 ± 1^a	9 ± 1^a
Орні землі ДП ДГ «Дніпро» ДУ ІЗК НААН України	142 ± 3^c	318 ± 7^c	469 ± 7^c	470 ± 8^c
Фермерське господарство «Олімп-2012»	43 ± 4^b	136 ± 5^b	215 ± 6^b	226 ± 5^b
Полезахисні смуги	8 ± 1^a	10 ± 2^a	11 ± 2^a	11 ± 2^a
Наукові стаціонарні досліді ДУ ІЗК НААН України	48 ± 5^b	151 ± 5^b	225 ± 6^b	228 ± 5^b
ННЦ НДП ДДАЕУ	66 ± 7^{bc}	189 ± 6^{bc}	310 ± 8^{bc}	313 ± 5^{bc}
Техноземи НДС РЗ ДДАЕУ:				
Насипний родючий шар ґрунт	118 ± 4^c	212 ± 6^{bc}	300 ± 5^c	312 ± 6^c
Лесоподібний суглинок	61 ± 3^{bc}	118 ± 3^b	152 ± 4^{bc}	169 ± 5^{bc}
Червоно-бура глина	35 ± 2^b	79 ± 3^b	113 ± 3^b	113 ± 3^b
Сіро-зелена глина	43 ± 2^b	93 ± 2^b	130 ± 4^b	130 ± 3^b

Примітка: різними літерами позначені значення, які суттєво відрізняються одна від одної в межах колонки таблиці за результатами порівняння за критерієм Тьюкі ($P < 0,05$) з поправкою Бонферонні.

Додаток Ж.4

Банк насіння бур'янів в угіддях компонентів агроєкосистеми на різній глибині,
млн шт./га (2021 р., $\bar{x} \pm SD$, $n=12$)

Ґрунт, спосіб його використання	Шар ґрунту, см			
	0–10	0–20	0–30	0–40
Перелогові землі	3 ± 1^a	5 ± 1^a	6 ± 1^a	6 ± 1^a
Орні землі ДП ДГ «Дніпро» ДУ ІЗК НААН України	120 ± 3^c	295 ± 7^c	431 ± 7^c	458 ± 8^c
Фермерське господарство «Олімп-2012»	31 ± 3^b	124 ± 5^b	195 ± 6^b	219 ± 5^b
Полезахисні смуги	6 ± 1^a	8 ± 2^a	10 ± 2^a	10 ± 2^a
Наукові стаціонарні досліді ДУ ІЗК НААН України	36 ± 3^b	123 ± 5^b	208 ± 5^b	226 ± 5^b
ННЦ НДП ДДАЕУ	58 ± 4^{bc}	164 ± 6^{bc}	297 ± 7^{bc}	307 ± 6^{bc}
Техноземи НДС РЗ ДДАЕУ:				
Насипний родючий шар ґрунт	106 ± 4^c	211 ± 5^{bc}	314 ± 5^c	311 ± 5^c
Лесоподібний суглинок	56 ± 3^{bc}	113 ± 3^b	143 ± 4^{bc}	151 ± 5^{bc}
Червоно-бура глина	29 ± 2^b	70 ± 3^b	106 ± 3^b	110 ± 3^b
Сіро-зелена глина	34 ± 2^b	86 ± 2^b	134 ± 4^b	136 ± 3^b

Примітка: див. додаток Ж.1.

Додаток Ж.5

Особливості формування фітоценозів бур'янів на різних технобіогенних об'єктах землекористування, шт./м² (2018 р., $\bar{x} \pm SD$, n=12)

Технобіогенні об'єкти	Види бур'янів			Всього
	односім'я- дольні	двосім'я- дольні	багато- річні	
Перелогові землі	15±2 ^{ab}	19±2 ^{ab}	100±5 ^c	134±6 ^d
Орні землі ДП ДГ «Дніпро» ДУ ІЗК НААН України	27±3 ^b	65±4 ^{bc}	8±1 ^a	100±5 ^c
Фермерське господарство «Олімп-2012»	20±3 ^b	36±3 ^b	4±1 ^a	60±4 ^{bc}
Полезахисні смуги	9±1 ^a	8±1 ^a	16±2 ^b	33±3 ^a
Наукові стаціонарні дослід ДУ ІЗК НААН України	21±3 ^b	38±3 ^b	5±1 ^a	64±4 ^{bc}
ННЦ НДП ДДАЕУ	27±3 ^b	56±4 ^{bc}	6±1 ^a	89±5 ^c
Техноземи НДС РЗ ДДАЕУ:				
Насипний родючий шар ґрунт	24±3 ^c	53±5 ^{bc}	4±1 ^c	81±5 ^c
Лесоподібний суглинок	20±3 ^{bc}	44±3 ^b	6±1 ^{bc}	70±5 ^{bc}
Червоно-бура глина	13±2 ^b	35±3 ^b	4±1 ^b	52±3 ^b
Сіро-зелена глина	17±2 ^b	38±2 ^b	4±1 ^b	59±3 ^b

Примітка: див. додаток Ж.1

Додаток Ж.6

Особливості формування фітоценозів бур'янів на різних технобіогенних об'єктах землекористування, шт./м² (2019 р., $\bar{x} \pm SD$, n=12)

Технобіогенні об'єкти	Види бур'янів			Всього
	односім'я- дольні	двосім'я- дольні	багато- річні	
Перелогові землі	12±2 ^{ab}	16±2 ^{ab}	95±5 ^c	123±6 ^d
Орні землі ДП ДГ «Дніпро» ДУ ІЗК НААН України	22±3 ^b	60±4 ^{bc}	6±1 ^a	88±5 ^c
Фермерське господарство «Олімп-2012»	17±3 ^b	31±3 ^b	3±1 ^a	51±4 ^{bc}
Полезахисні смуги	7±1 ^a	6±1 ^a	14±2 ^b	27±3 ^a
Наукові стаціонарні дослід ДУ ІЗК НААН України	24±3 ^b	35±3 ^b	4±1 ^a	56±4 ^{bc}
ННЦ НДП ДДАЕУ	22±3 ^b	54±4 ^{bc}	4±1 ^a	82±5 ^c
Техноземи НДС РЗ ДДАЕУ:				
Насипний родючий шар ґрунт	22±3 ^c	49±4 ^{bc}	4±1 ^c	75±5 ^c
Лесоподібний суглинок	17±3 ^{bc}	39±3 ^b	4±1 ^{bc}	60±5 ^{bc}
Червоно-бура глина	12±2 ^b	32±3 ^b	3±1 ^b	47±3 ^b
Сіро-зелена глина	14±2 ^b	35±2 ^b	3±1 ^b	52±3 ^b

Примітка: див. додаток Ж.1

Додаток Ж.7

Особливості формування фітоценозів бур'янів на різних технобіогенних об'єктах землекористування, шт./м² (2020 р., $\bar{x} \pm SD$, n=12)

Технобіогенні об'єкти	Види бур'янів			Всього
	односім'я- дольні	двосім'я- дольні	багато- річні	
Перелогові землі	15±2 ^{ab}	20±2 ^{ab}	102±5 ^c	137±6 ^d
Орні землі ДП ДГ «Дніпро» ДУ ІЗК НААН України	27±3 ^b	65±4 ^{bc}	8±1 ^a	100±5 ^c
Фермерське господарство «Олімп-2012»	21±3 ^b	36±3 ^b	6±1 ^a	63±4 ^{bc}
Полезахисні смуги	9±1 ^a	8±1 ^a	16±2 ^b	33±3 ^a
Наукові стаціонарні дослід ДУ ІЗК НААН України	23±3 ^b	39±3 ^b	5±1 ^a	67±4 ^{bc}
ННЦ НДП ДДАЕУ	26±3 ^b	59±4 ^{bc}	5±1 ^a	90±5 ^c
Техноземи НДС РЗ ДДАЕУ:				
Насипний родючий шар ґрунт	24±3 ^c	55±4 ^{bc}	4±1 ^c	83±5 ^c
Лесоподібний суглинок	20±2 ^{bc}	42±3 ^b	6±1 ^{bc}	68±4 ^{bc}
Червоно-бура глина	14±2 ^b	35±3 ^b	4±1 ^b	53±3 ^b
Сіро-зелена глина	17±2 ^b	39±2 ^b	4±1 ^b	60±3 ^b

Примітка: див. додаток Ж.1

Додаток Ж.8

Особливості формування фітоценозів бур'янів на різних технобіогенних об'єктах землекористування, шт./м² (2021 р., $\bar{x} \pm SD$, n=12)

Технобіогенні об'єкти	Види бур'янів			Всього
	односім'я- дольні	двосім'я- дольні	багато- річні	
Перелогові землі	10±2 ^{ab}	13±2 ^{ab}	95±5 ^c	118±6 ^d
Орні землі ДП ДГ «Дніпро» ДУ ІЗК НААН України	20±3 ^b	58±4 ^{bc}	6±1 ^a	84±5 ^c
Фермерське господарство «Олімп-2012»	14±3 ^b	33±3 ^b	3±1 ^a	50±4 ^{bc}
Полезахисні смуги	7±1 ^a	6±1 ^a	14±2 ^b	27±3 ^a
Наукові стаціонарні дослід ДУ ІЗК НААН України	19±3 ^b	36±3 ^b	6±1 ^a	61±4 ^{bc}
ННЦ НДП ДДАЕУ	23±3 ^b	51±4 ^{bc}	5±1 ^a	79±5 ^c
Техноземи НДС РЗ ДДАЕУ:				
Насипний родючий шар ґрунт	22±3 ^c	47±5 ^{bc}	4±1 ^c	73±6 ^c
Лесоподібний суглинок	19±2 ^{bc}	35±3 ^b	5±1 ^{bc}	58±5 ^{bc}
Червоно-бура глина	9±2 ^b	34±3 ^b	1±1 ^b	44±3 ^b
Сіро-зелена глина	12±2 ^b	32±2 ^b	5±1 ^b	49±3 ^b

Примітка: див. додаток Ж.1

Додаток Ж.9

Урожайність соняшнику залежно від сівозміни та обробітку ґрунту, т/га
(2018 р., $\bar{x} \pm SD$, $n = 4$)

Сівозміна (фактор А)	Обробіток ґрунту (фактор В)		
	оранка	дисковий	No-till
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соя – ячмінь ярий – горох – пшениця озима – соняшник	$2,70 \pm 0,13^a$	$2,70 \pm 0,12^{ab}$	$2,44 \pm 0,11^b$
Чорний пар – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно	$2,92 \pm 0,11^a$	$2,70 \pm 0,13^{ab}$	$2,41 \pm 0,12^{bc}$
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соняшник	$2,58 \pm 0,13^{ab}$	$2,43 \pm 0,12^{bc}$	$2,12 \pm 0,11^c$
Чорний пар – пшениця озима – соняшник	$2,35 \pm 0,10^{bc}$	$2,20 \pm 0,10^c$	$2,11 \pm 0,11^{cd}$
Пшениця озима – соняшник	$2,10 \pm 0,12^d$	$1,83 \pm 0,10^{de}$	$1,81 \pm 0,11^e$
Беззмінно соняшник	$1,54 \pm 0,11^{ef}$	$1,54 \pm 0,09^f$	$1,39 \pm 0,10^f$
НІР ₀₅ , т/га	для фактора А	0,11	
	для фактора В	0,13	
	для взаємодії АВ	0,13	

Додаток Ж.10

Урожайність соняшнику залежно від сівозміни та обробітку ґрунту, т/га
(2019 р., $\bar{x} \pm SD$, $n = 4$)

Сівозміна (фактор А)	Обробіток ґрунту (фактор В)		
	оранка	дисковий	No-till
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соя – ячмінь ярий – горох – пшениця озима – соняшник	$3,15 \pm 0,14^a$	$2,85 \pm 0,14^{ab}$	$2,79 \pm 0,12^b$
Чорний пар – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно	$3,13 \pm 0,12^a$	$2,80 \pm 0,13^{ab}$	$2,71 \pm 0,12^{bc}$
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соняшник	$2,91 \pm 0,13^{ab}$	$2,70 \pm 0,12^{bc}$	$2,66 \pm 0,11^c$
Чорний пар – пшениця озима – соняшник	$2,70 \pm 0,11^{bc}$	$2,51 \pm 0,10^c$	$2,40 \pm 0,11^{cd}$
Пшениця озима – соняшник	$2,35 \pm 0,12^d$	$2,17 \pm 0,10^{de}$	$2,11 \pm 0,10^e$
Беззмінно соняшник	$1,86 \pm 0,11^{ef}$	$1,69 \pm 0,09^f$	$1,66 \pm 0,10^f$
НІР ₀₅ , т/га	для фактора А	0,10	
	для фактора В	0,11	
	для взаємодії АВ	0,13	

Додаток Ж.11

Урожайність соняшнику залежно від сівозміни та обробітку ґрунту, т/га
(2020 р., $\bar{x} \pm SD$, $n = 4$)

Сівозміна (фактор А)	Обробіток ґрунту (фактор В)		
	оранка	дисковий	No-till
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соя – ячмінь ярий – горох – пшениця озима – соняшник	$2,85 \pm 0,11^a$	$2,67 \pm 0,12^{ab}$	$2,50 \pm 0,12^b$
Чорний пар – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно	$2,87 \pm 0,10^a$	$2,63 \pm 0,11^{ab}$	$2,48 \pm 0,12^{bc}$
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соняшник	$2,69 \pm 0,12^{ab}$	$2,45 \pm 0,12^{bc}$	$2,32 \pm 0,11^c$
Чорний пар – пшениця озима – соняшник	$2,47 \pm 0,11^{bc}$	$2,26 \pm 0,11^c$	$2,14 \pm 0,12^{cd}$
Пшениця озима – соняшник	$2,11 \pm 0,12^d$	$1,94 \pm 0,10^{de}$	$1,87 \pm 0,10^e$
Беззмінно соняшник	$1,62 \pm 0,10^{ef}$	$1,47 \pm 0,09^f$	$1,39 \pm 0,10^f$
НІР ₀₅ , т/га	для фактора А	0,10	
	для фактора В	0,11	
	для взаємодії АВ	0,13	

Додаток Ж.12

Урожайність соняшнику залежно від сівозміни та обробітку ґрунту, т/га
(2021 р., $\bar{x} \pm SD$, $n = 4$)

Сівозміна (фактор А)	Обробіток ґрунту (фактор В)		
	оранка	дисковий	No-till
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соя – ячмінь ярий – горох – пшениця озима – соняшник	$3,10 \pm 0,14^a$	$2,74 \pm 0,14^{ab}$	$2,63 \pm 0,12^b$
Чорний пар – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно	$3,05 \pm 0,12^a$	$2,71 \pm 0,13^{ab}$	$2,60 \pm 0,12^{bc}$
Чорний пар – пшениця озима – кукурудза на зерно – соняшник	$2,82 \pm 0,13^{ab}$	$2,62 \pm 0,12^{bc}$	$2,54 \pm 0,11^c$
Чорний пар – пшениця озима – соняшник	$2,64 \pm 0,11^{bc}$	$2,43 \pm 0,10^c$	$2,31 \pm 0,11^{cd}$
Пшениця озима – соняшник	$2,28 \pm 0,12^d$	$2,10 \pm 0,10^{de}$	$2,01 \pm 0,10^e$
Беззмінно соняшник	$1,78 \pm 0,11^{ef}$	$1,58 \pm 0,09^f$	$1,52 \pm 0,10^f$
НІР ₀₅ , т/га	для фактора А	0,11	
	для фактора В	0,12	
	для взаємодії АВ	0,12	

Додаток И.1



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ
З ПИТАНЬ БЕЗПЕЧНОСТІ ХАРЧОВИХ
ПРОДУКТІВ ТА ЗАХИСТУ СПОЖИВАЧІВ
Держпродспоживслужба

STATE SERVICE
OF UKRAINE ON FOOD SAFETY
AND CONSUMERS PROTECTION
SSUFSCP

ГОЛОВНЕ УПРАВЛІННЯ
ДЕРЖПРОДСПОЖИВСЛУЖБИ
В ДНІПРОПЕТРОВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

MAIN ADMINISTRATION
OF SSUFSCP
IN DNIPROPETROVSK REGION

вул. Філософська, 39-А, м. Дніпро, 49006,
тел. (068) 565-46-39,
E-mail: info@dp.dpss.gov.ua,
сайт: www.dp.dpss.gov.ua,
код згідно ЄДРПОУ 40359593

39 a, Filosofs'ka str., Dnipro, 49006,
phone: (068) 565-46-39,
E-mail: info@dp.dpss.gov.ua,
WEB: www.dp.dpss.gov.ua,
код згідно ЄДРПОУ 40359593

№ 124 від 14 червня 2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

завершених наукових розробок за темою докторської дисертації

С.М. Шевченка

«Еколого-біологічні засади землеробства в умовах

природно-техногенних комплексів степової зони України»

Завершені наукові дослідження за темою дисертаційної роботи, які провів доцент кафедри загального землеробства та ґрунтознавства, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник Шевченко Сергій Михайлович рекомендовані для впровадження в господарствах різних форм власності та спеціалізації сільськогосподарського виробництва Дніпропетровської області.

Впровадження у виробництво науково-практичних рекомендацій впродовж останніх трьох років (2021–2023 рр.) Шевченком С.М. дозволило досягти оптимального співвідношення різних біологічних груп сільськогосподарських культур, впровадити ґрунтозахисні способи обробітку ґрунту і зберегти його родючість, підвищити технічну ефективність гербіцидів до 92–98% та одержати додатково 380–620 тис.т зерна в області. Позитивні соціальні наслідки мало тотальне знищення алергенного бур'яну амброзії на територіях різного статусу використання.

Акт впровадження підготовлений для надання в спеціалізовану вчену раду Д 08.804.02 при Дніпровському державному аграрно-економічному університеті, де відбудеться захист дисертаційної роботи Шевченка С.М. на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук.

Заступник начальника
Головного управління



Держпродспоживслужби в
Дніпропетровській області
14.06.2024
КЕП: Приходько В. І. 14.06.2024 15:06
3FAA9288358EC00304000000B7472F006686D300
Сертифікат дійсний з 16.04.2024 00:00 до 15.04.2026 23:59

Василь ПРИХОДЬКО

Додаток И.2

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи Дніпровського
національного університету імені Олеся Гончара,
кандидат біологічних наук, доцент

Олег МАРЕНКОВ

« 04 » травня 2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційної роботи

доцента кафедри загального землеробства та ґрунтознавства
Дніпровського державного аграрно-економічного університету

Шевченка Сергія Михайловича

на тему: **«Еколого-біологічні засади землеробства в умовах
природно-техногенних комплексів степової зони України»**

Основні положення наукових досліджень за темою дисертаційної роботи Шевченко Сергія Михайловича впроваджені в навчальний процес при викладанні навчальних дисциплін «Екологічні основи землеробства та агрохімія ґрунтів», «Екологічні основи рекультивації земель» для здобувачів вищої освіти РВО перший (бакалаврський) біолого-екологічного факультету Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Впровадження наукових досліджень Шевченка С.М. довело, що вони можуть використовуватися у навчальному процесі вищих навчальних закладів IV рівня акредитації.

Завідувач кафедри геоботаніки,
ґрунтознавства та екології,
канд. біол. наук, доц.

Вгор -

Вадим ГОРБАНЬ

Декан
біолого-екологічного факультету,
д-р біол. наук, проф.

О

Олена СЕВЕРИНОВСЬКА

Додаток И.3



ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ

ДЕПАРТАМЕНТ ОСВІТИ І НАУКИ

вул. Володимира Антоновича, 70, м. Дніпро, 49006, тел. 770-87-42, факс (056) 770-68-00
e-mail: osvita@adm.dp.gov.ua, <http://www.osvita-dnpr.com>, Код ЄДРПОУ 25927519

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційної роботи

доцента кафедри загального землеробства та ґрунтознавства
Дніпровського державного аграрно-економічного університету

Шевченка Сергія Михайловича

на тему: «Еколого-біологічні засади землеробства в умовах
природно-техногенних комплексів степової зони України»

Науково-методичні розробки автора з питання оптимізації параметрів функціонування природних та техногенних комплексів у землеробстві на основі методів технологічного управління ґрунтовими режимами ресурсами життєзабезпечення сільськогосподарських культур та стійкого посилення елементів відновлювального землеробства широко використовуються в навчальній діяльності закладів вищої та професійної (професійно-технічної освіти) Дніпропетровської області.

Автор неодноразово був переможцем та підготував лауреатів конкурсу на грант обласної державної адміністрації «Молоді вчені – Дніпропетровщині» і здобув високу оцінку експертної ради конкурсу з різними проектами, що відповідали його дисертаційні темі дисертаційної роботи.

Директор департаменту

07.03.2024р.



Ольга ЛОЗОВА

Додаток И.4

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової та інноваційної діяльності
Дніпровського державного аграрно-економічного
університету, доктор сільськогосподарських наук,
професор



Юрій ТКАЛІЧ

«18» травня 2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційної роботи

доцента кафедри загального землеробства та ґрунтознавства
Дніпровського державного аграрно-економічного університету

Шевченка Сергія Михайловича

на тему: **«Еколого-біологічні засади землеробства в умовах природно-техногенних комплексів степової зони України»**

Основні положення наукових досліджень за темою дисертаційної роботи Шевченко Сергія Михайловича впроваджені в навчальний процес при викладанні навчальних дисциплін «Землеробство», «Гербологія», «No-till та сучасні системи землеробства», «Контролювання забур'яненості в сучасних системах землеробства» для здобувачів вищої освіти РВО перший (бакалаврський) агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Впровадження наукових досліджень Шевченка С.М. довело, що вони можуть використовуватися у навчальному процесі вищих навчальних закладів IV рівня акредитації.

Завідувач кафедри загального
землеробства та ґрунтознавства,
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент

Олександр МИЦІК

Декан агрономічного
факультету,
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент

Олександр ІЖБОЛДІН

Додаток И.5

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор ДП «ДГ «Дніпро» ІЗК
 НААН України
 Ігор КОСТИРЯ
 «24» вересня 2024 р.

А К Т

виробничої перевірки наукової роботи

1. Найменування господарства – Державне підприємство Дослідне господарство «Дніпро» Інституту зернових культур НААН України
2. Найменування НДР, що проходить виробничу перевірку – мінімалізації основного обробітку чорного пару при вирощуванні пшениці озимої
3. Автор завершеної НДР – Шевченко Сергій Михайлович, доцент кафедри загального землеробства та ґрунтознавства ДДАЕУ
4. Виробничу перевірку проводили в Державну підприємство Дослідне господарство «Дніпро» Інституту зернових культур НААН України
5. Відповідальний за виробничу перевірку – доцент Шевченко Сергій Михайлович, директор ДП ДГ «Дніпро» ІЗК НААН України Ігор Васильович Костиря
6. Умови, об'єм і строки перевірки – сорт пшениці озимої Житниця одеська, площа 27 га.
7. Схема дослідів і результати перевірки

Господарсько-економічна ефективність вирощування пшениці озимої
м'якої залежно від обробітку ґрунту (2021–2023 рр.)

Врожай- ність, т/га	Валова вартість продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Собіва- ртість 1 тони зерна, грн	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рента- бельнос- ті, %
ПО-3-35 на 23–25 см (контроль)					
6,17	25914,0	11232,3	1820,5	14681,7	130,7
Глибокорозпушувач ГРД-3 на 30–32 см					
6,24	26208,0	10769,8	1725,9	15438,2	143,3
БДМ 7х3 на 10–12 см					
5,72	24024,0	10598,8	1852,9	13425,2	126,7

Відповідальний за перевірку:
Доцент кафедри, к.с.-г.н.

Сергій ШЕВЧЕНКО

Директор ДП ДГ «Дніпро» ІЗК НААНУ

Ігор КОСТИРЯ



Додаток И.6



ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова фермерського господарства
«ОЛІМП-2012» Петрівського району
Кіровоградської області

Максим МОМОТ

« 12 » травня 2024 р.

А К Т

На № 12.05.2024 № 12/05 виробничої перевірки наукової роботи

1. Найменування господарства – фермерське господарство «ОЛІМП-2012» Петрівського району Кіровоградської області
2. Найменування НДР, що проходить виробничу перевірку – Ефективність способів основного обробітку ґрунту та контролювання бур'янів при вирощуванні соняшника
3. Автор завершеної НДР – Шевченко Сергій Михайлович, доцент кафедри загального землеробства та ґрунтознавства ДДАЕУ
4. Виробничу перевірку проводили в умовах фермерське господарство «ОЛІМП-2012» Петрівського району Кіровоградської області
5. Відповідальний за виробничу перевірку – доцент Шевченко Сергій Михайлович, голова ФГ «ОЛІМП -2012» Момот Максим Анатолійович
6. Умови, об'єм і строки перевірки – гербіциди Аспект Про в дозі 2,2 л/га, Євро-Лайтнінг Плюс в дозі 2,0 л/га, Геліантекс в дозі 0,045 л/га + ПАР Віволт. Гібрид соняшника СИ Дієго КЛП, площа 10 га.

Господарсько-економічна оцінка агротехнологічних
прийомів вирощування насіння соняшника (середнє за 2021–2023 рр.)

Технологічна система		Урожай-ність зерна, т/га	Вироб-ничі витрати на 1 га, грн.	Собі-вартість 1 т зерна, грн	При-буток на 1 га, грн	Рівень рента-бель-ності, %
варіанти догляду за посівами	основний обробіток ґрунту*					
Контроль без догляду	О	2,02	13852,3	6857,6	8367,7	60,4
	Д	1,56	13421,9	8603,8	3738,1	27,9
Механізований догляд	О	2,91	14952,3	5138,2	17057,7	114,1
	Д	2,63	14621,9	5559,7	14308,1	97,9
Аспект Про, 2,2 л/га + міжрядний обробіток	О	3,64	15170,3	4167,7	24869,7	163,9
	Д	3,26	14859,7	4558,2	21000,3	141,3
Євро-Лайтнінг Плюс, 2,0 л/га	О	3,59	15054,5	4193,5	24435,5	162,3
	Д	3,18	14889,0	4682,1	20091,0	134,9
Геліантекс, 0,045 л/га + ПАР Віволт	О	3,62	15065,1	4161,6	24754,9	164,3
	Д	3,20	14865,1	4645,3	20334,9	136,8

*Системи обробітку ґрунту: О – оранка на глибину 23–25 см; Д – дисковий мілкий обробіток 10–12 см.

Відповідальний за перевірку:
голова ФГ «ОЛІМП-2012»



Максим МОМОТ

доцент кафедри, к.с.-г.н.

Сергій ШЕВЧЕНКО

Додаток И.7

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор фермерського господарства
«ФЕНІКС-АГРО» Синельниківського
району Дніпропетровської області
Віктор СЕРГІЄНКО
лютого 2024 р.

А К Т

виробничої перевірки наукової роботи

1. Найменування господарства – фермерське господарство «ФЕНІКС-АГРО» Синельниківського району Дніпропетровської області
2. Найменування НДР, що проходить виробничу перевірку – Ефективність способів основного обробітку ґрунту при вирощуванні соняшника
3. Автор завершеної НДР – Шевченко Сергій Михайлович, доцент кафедри загального землеробства та ґрунтознавства ДДАЕУ
4. Виробничу перевірку проводили в умовах фермерського господарства «ФЕНІКС-АГРО» Синельниківського району Дніпропетровської області
5. Відповідальний за виробничу перевірку – доцент Шевченко Сергій Михайлович, директор ФГ «ФЕНІКС-АГРО» Сергієнко Віктор Федорович
6. Умови, об'єм і строки перевірки, плуг Kverneland RN 100; чизельний агрегат Artiglio 500; дискова борона БДВ-3. Гібрид соняшнику ЛГ 50510, площа 8 га.
7. Схема дослідів і результати перевірки

Господарсько-економічна оцінка агротехнологічних
приймів вирощування насіння соняшника (середнє за 2021–2023 рр.)

Варіант	Врожай- ність, т/га	Валова вартість продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Собіва- ртість 1 тони зерна, грн	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рента- бельнос- ті, %
Полицева оранка на глибину 25–27 см	3,25	35750,0	15454,5	4755,2	20295,5	131,3
Чизель- глибокоро- зпущувач на глибину 25–27 см	3,01	33110,0	14989,0	4979,7	18121,0	120,9
Мілкий дисковий на глибину 10–12 см	2,73	30030,0	14765,1	5408,5	15264,9	103,4

Відповідальний за перевірку:
директор ФГ «ФЕНІКС-АГРО»

Віктор СЕРГІЄНКО

доцент кафедри, к.с.-г.н.

Сергій ШЕВЧЕНКО

Додаток И.8

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор Дніпропетровської
 дослідної станції Інституту
 овочівництва і баштанництва НААН
 України, кандидат с.-г. наук, старший
 науковий співробітник
 Володимир ЗАВЕРТАЛЮК
 2023р.

А К Т

впровадження науково-технічних розробок

1. Найменування господарства — Дніпропетровська дослідна станція Інституту овочівництва і баштанництва НААН України
2. Найменування розробки, впроваджується — Вплив різних способів основного обробітку ґрунту на врожайність зерна ячменю ярого
3. Автор завершеної розробки — Шевченко Сергій Михайлович, доцент кафедри загального землеробства та ґрунтознавства ДДАЕУ
4. Впровадження проводили в умовах Дніпропетровської дослідної станції Інституту овочівництва і баштанництва НААН України в 2023 році.
5. Відповідальний за впровадження — доцент Шевченко Сергій Михайлович, директор Дніпропетровської дослідної станції Інституту овочівництва і баштанництва НААН України Заверталюк Володимир Філімонович
6. Умови, об'єм і строки перевірки — сорти ячменю ярого МПП Акцент, площа 8 га.
7. Оцінка результатів впровадження — Технологія вирощування сорту ячменю ярого МПП Акцент забезпечила підвищення показників врожайності на 0,67 т/га та додаткового прибутку на всю площу 16,2 тис. грн.

Відповідальний за перевірку:
 доцент кафедри, к.с.-г.н.



Сергій ШЕВЧЕНКО

директор, к.с.-г.н., с.н.с.



Володимир ЗАВЕРТАЛЮК

Додаток И.9

ЗАТВЕРДЖУЮДиректор ТОВ «АГРАРНА
СЛОБОДА» Сергій КАЛМИКОВ
« 30 » листопада 2023 р.**А К Т****впровадження науково-технічних розробок**

1. Найменування господарства – товариство з обмеженою відповідальністю «АГРАРНА СЛОБОДА» Сахновщинський району Харківської області
2. Найменування розробки, що впроваджується – Особливості захисту посівів пшениці озимої від бур'янів в сівозміні
3. Автор завершеної розробки – Шевченко Сергій Михайлович, доцент кафедри загального землеробства та ґрунтознавства ДДАЕУ
4. Впровадження проводили в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРАРНА СЛОБОДА» Сахновщинський району Харківської області в 2023 р.
5. Відповідальний за впровадження – доцент Шевченко Сергій Михайлович, директор ТОВ «АГРАРНА СЛОБОДА»
6. Умови, об'єм і строки перевірки – сорт пшениці озимої МІП Феєрія, сумішки гербіцидів Гранстар Голд 30 г/га + Хаммер 20 г/га + Тренд 300 мл/га, площа 8 га.
7. Оцінка результатів впровадження – Технологія вирощування пшениці озимої на базі нових гербіцидів забезпечила підвищення показників врожайності на 1,64 т/га та додаткового прибутку на всю площу 65,6 тис. грн.

Відповідальний за перевірку:

**ШЕВЧЕНКО Сергій Михайлович**, доцент кафедри загального землеробства та ґрунтознавства ДДАЕУ**КАЛМИКОВ Сергій Олександрович**, директор ТОВ «АГРАРНА СЛОБОДА»

Додаток И.10

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова фермерського господарства
«ДІОНІС-К»

Оксана КОПИЛЬЦОВА

« 27 » листопада 2023 р.

А К Т

впровадження науково-технічних розробок

1. Найменування господарства – фермерське господарство «ДІОНІС-К» Солонянського району Дніпропетровської області
2. Найменування розробки, що впроваджується – Вплив системного застосування гербіцидів на врожайність зерна кукурудзи
3. Автор завершеної розробки – Шевченко Сергій Михайлович, доцент кафедри загального землеробства та ґрунтознавства ДДАЕУ
4. Впровадження проводили в умовах фермерського господарства «ДІОНІС-К» Солонянського району Дніпропетровської області в 2023 році.
5. Відповідальний за впровадження – доцент Шевченко Сергій Михайлович, голова фермерського господарства «ДІОНІС-К» Солонянського району Дніпропетровської області Копильцова Оксана Євгеніївна
6. Умови, об'єм і строки перевірки – гібрид кукурудзи ДН Астра (ФАО 270), сумішки гербіцидів нікосульфурон (40 г/га) + тифен-сульфурон метил (10 г/га) + 2,4 Д (450 г/га) + флорасулам (5 г/га), площа 14 га.
7. Оцінка результатів впровадження – Технологія вирощування кукурудзи на зерно на базі нових гербіцидів забезпечила підвищення показників врожайності на 2,54 т/га та додаткового прибутку на всю площу 142,2 тис. грн.

Відповідальний за перевірку:
доцент кафедри, к.с.-г.н.



Сергій ШЕВЧЕНКО

голова ФГ «ДІОНІС-К»




Оксана КОПИЛЬЦОВА

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації

Монографії, частина монографії

1. Вінокуров І. Н., Горшкова Л. М., **Шевченко С. М.** та ін. Система інноваційних методів контролювання забур'яненості в степовому землеробстві. Розділ 3: Інноваційні підходи розвитку сільського господарства. Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2015. 114 с. *(Здобувачем встановлені основні засади методів контролювання забур'яненості в степовому землеробстві).*

2. Гадзало Я. М., Заришняк А. С., Черенков А. В., Шевченко М. С., **Шевченко С. М.** та інші. Актуальні сівозміни: новий погляд на класику: монографія. Дніпро: «Роял Прінт», 2017. 69 с. *(Здобувачем встановлено основні засади чергування культур в сівозміні).*

3. Князева М. В., Крамар В. М., Львович І. Я. та ін. No-till технології на степових чорноземах. Рівень розвитку техніки і технологій в ХХІ столітті. Частина 1 : Серія монографій. Розділ 2: Шевченко М. С., **Шевченко С. М.**, Шевченко О. О., Швець Н. В., Деревенець-Шевченко К. А. Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2019. 227 с. *(Здобувачем встановлено основні засади щодо No-till технології на степових чорноземах).*

Статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних

Web of Science Core Collection та/або Scopus

4. **Shevchenko S.**, Tkalic Yu., Shevchenko M., Kolesnykova K., Derevenets-Shevchenko K. The evaluation of total weed density and seed bank of agricultural landscapes as an example of the Steppe Zone of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2023. 26 (11), 80–89. doi: 10.48077/scihor11.2023.80. *(Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).*

5. **Shevchenko S.**, Derevenets-Shevchenko K., Desyatnyk L., Shevchenko M., Sologub I., Shevchenko O. Tillage effects on soil physical properties and maize phenology. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. 81:1. 393–402. doi: 10.1080/00207233.2024.2320032. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 75 %).

6. **Shevchenko S.**, Derevenets-Shevchenko K., Shevchenko M., Shevchenko O.: Sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) and weeds in sunflower crops with minimized tillage in a steppe ecotype crop rotation. *Ekologia (Bratislava)*. 2024. Vol. 43, No. 1, p. 34–42. doi:10.2478/eko-2024-0004. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 75 %).

7. **Shevchenko S.**, Desyatnyk L., Shevchenko M., Kolesnykova K., Derevenets-Shevchenko K. Control of weeds and sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr) in sunflower crops by crop rotation and tillage. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. 81:1. 382–392. doi: 10.1080/00207233.2024.232003. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 75 %).

8. Mytsyk O., Havryushenko O., Tsyliuryk O., **Shevchenko S.**, Hulencko O., Shevchenko M., Derevenets-Shevchenko K. Reclamation of derelict mine land by simply growing crops. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. 81:1, 230–238. doi: 10.1080/00207233.2024.2330283. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 50 %).

9. Циліурик О. І., **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М., Швець Н. В., Нікулін В. О., Остапчук Я. В. Динаміка чисельності бур'янів і їх видового складу в агроценозах кукурудзи залежно від обробітку ґрунту та удобрення в Північному Степу України. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017, 7(3), Р. 154–159. doi: 10.15421/2017_64. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі –

70 %).

10. Циліорик О. І., **Шевченко С. М.**, Остапчук Я. В., Шевченко О. М., Деревенець-Шевченко К. А. Агроєкологічні основи контролювання забур'яненості та поширення вовчка в посівах соняшнику Степу України. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018, 8(1), Р. 487–497. doi: 10.15421/2017_240. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

11. Cherenkov A. V., Shevchenko M. S., Gyrka A. D., Nesterets V. G., Dudka M. I., Desiatnyk L. M., **Shevchenko S. M.** Increasing the efficiency of moisture resources in crop rotation by tillage optimization in Ukrainian Steppe zone. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. 11 (2), Р. 35–39. doi: 10.15421/2019_34. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 55 %).

Статті у наукових фахових виданнях України

12. Шевченко М. С., **Шевченко С. М.** Якого обробітку потребує чорнозем. *Хранение и переработка зерна*. Дніпропетровськ, 2005. № 8 (61) С. 51–52. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

13. Шевченко М. С., Поленок А. В., **Шевченко С. М.** Вплив основного обробітку ґрунту і мінеральних добрив на врожай пшениці озимої в умовах чекових зрошувальних систем. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. Дніпропетровськ, 2011. № 40. С. 81–85. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 75 %).

14. **Шевченко С. М.** Схожість насіння і формування морфобіологічних параметрів кукурудзи при мінімізації обробітку ґрунту. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. Дніпропетровськ, 2011. № 1. С. 70–74.

15. Шевченко О. М., Приходько В. І., **Шевченко С. М.**, Швець Н. В.

Технологічні прийоми підвищення ефективності регулювання поживного режиму при вирощуванні кукурудзи. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. Дніпропетровськ, 2011. № 1. С. 46–50. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

16. **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М., Парлікокошко М. С. Динаміка схожості насіння кукурудзи після різних попередників і способів обробітку ґрунту. *Зрошувальне землеробство : Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Херсон : Атлант, 2012. Вип. 57. С. 160–164. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

17. Шевченко М. С., **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М., Швець Н. В. Еволюція землеробства як фактор формування фітоценозів бур'янів. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. Дніпропетровськ, 2013. № 4. С. 130–135. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

18. Шевченко М. С., **Шевченко С. М.** Агротехнології як бар'єр проти посухи. *Хранение и переработка зерна*. Дніпропетровськ, 2013. № 9 (174) С. 51–53. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

19. Шевченко М. С., Запорожець Л. М., **Шевченко С. М.** Формування продуктивності зернових і зернобобових культур при мінімалізації обробітку ґрунту. *Таврійський науковий вісник : ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»*. Херсон, 2014. Вип. 89. С. 73–82. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

20. **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М., Парлікокошко М. С. Вплив систем землеробства на польову схожість насіння кукурудзи. *Хранение и переработка зерна*. Дніпропетровськ, 2015. № 6–7. С. 32–34. (Проведення експериментальних

досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

21. Шевченко М.С., **Шевченко С. М.**, Швець Н. В. Фактори сівозмінного комплексу і фітоценотичні мутації забур'яненості посівів. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. Дніпро, 2016. №3 (41). С. 62–67. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

22. Шевченко М. С., Десятник Л. М., Льоринець Ф. Л., **Шевченко С. М.** Агросистемні методи регулювання вологоспоживання в агроценозах. *Науковий журнал «Зернові культури»*. Інститут зернових культур НААН України. Дніпро, 2017. Т. 1. № 1. С. 119–123. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

23. Shevchenko M. S., **Shevchenko S. M.**, Shvets N. V. Agrophysical and factors of regulation of biological activity of soil crop rotation. *Науковий журнал «Зернові культури»*. Інститут зернових культур НААН України. Дніпро, 2018. Т. 2. № 1. С. 109–115. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

24. Циліорик О. І., **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М., Деревенець-Шевченко К. А., Швець Н. В. Особливості формування і регулювання потенційної забур'яненості різних технобіогенних систем. *Agrology*. Дніпро, 2019. Vol. 2(1), С. 31–40. <https://doi.org/10.32819/2617-6106.2018.14015>. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

25. Шевченко М. С., Десятник Л. М., Швець Н. В., **Шевченко С. М.** Методика визначення вологості ґрунту: класичні помилки і об'єктивні фізичні параметри. *Зернові культури*. Дніпро, 2018. Том 2. № 2, С. 309–313. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0041>. (Проведення експериментальних

досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

26. Десятник Л. М., Шевченко М. С., Швець Н. В., **Шевченко С. М.** Ефективність використання добрив у сівозміні залежно від способів основного обробітку ґрунту. *Зернові культури*. Дніпро, 2018. Том 2, № 2, С. 324–329. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0043>. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

27. Шевченко М. С., **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М., Деревенець-Шевченко К. А., Швець Н. В. Агробіологічні та технологічні методи підвищення протиерозійного потенціалу ґрунтів у сівозміні. *Agrology*. Дніпро, 2019. Vol. 2(2), P. 122–127. <https://doi.org/10.32819/019018>. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

28. Шевченко М. С. , **Шевченко С. М.**, Деревенець-Шевченко К. А., Швець Н. В. Техногенний рівень землеробства і асоціативна мінливість бур'янів в агроценозах. *Зернові культури*. Дніпро, 2019. Том 3. № 1. С. 83–92. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0064>. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

29. Ткаліч Ю. І., **Шевченко С. М.**, Козечко В. І. Особливості захисту посівів пшениці озимої від бур'янів у сівозміні після соняшнику. *Карантин і захист рослин*. Київ, 2020. 2–3 (260), С. 45–49. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2020>. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

30. Циліорик О. І., **Шевченко С. М.**, Гончар Н. В., Шевченко О. М., Деревенець-Шевченко К. А., Швець Н. В. Біологічна активність ґрунту короткоротаційної сівозміни за максимального насичення соняшником. *Науково-технічний бюлетень: Інституту олійних культур НААН*. Запоріжжя, 2021. № 30, С. 105–115. doi:10.36710/ioc-2021-30-11. (Проведення

експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 65 %).

31. Ткаліч Ю. І., Циліурик О. І., Козечко В. І., **Шевченко С. М.**, Гончар Н. В., Рудаков Ю. Н. Технічна ефективність бакових сумішей гербіцидів у посівах соняшнику в умовах Північного Степу України. *Зернові культури*. Дніпро, 2021. Том 5. № 2. С. 356–367. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0196>. *(Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 40 %).*

32. Shevchenko M. S., Mytsyk A. A., **Shevchenko S. M.**, Pozniak V. V., Tkalich Y. I. Optimization of the phytotoxic effect of herbicide mixtures in winter wheat crops of agrocenoses of the steppe ecotype. *Agrology*. Dnipro, 2023. 5(3), 87–91. *(Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).*

33. Mytsyk O. O., Havriushenko O. O., **Shevchenko S. M.**, Hulencko O. I. Effect of long-term phytoremediation on the soil genesis potential of the technozems of the Pokrov research station. *Зернові культури*. Дніпро, 2023. Том 7. № 2. С. 350–357. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0297>. *(Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 40 %).*

Статті у наукових виданнях інших держав

34. **Shevchenko S. M.**, Shevchenko O. M., Parlikokoshko M. S. Soil conditions and germination corn seeds in the Steppe of Ukraine. *SWorldJournal*, Vol.J21509 Scientific world, 2015. P. 25–30. <http://www.sworldjournal.com/e-journal/j21509.pdf> (date: 25/09/2015) *(Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).*

35. Tsyliuryk A. I., **Shevchenko S. M.**, Gonchar N. V., Ostapchuk YA. V., Shevchenko O. M., Derevenets-Shevchenko K. A. Agrophysical and biotic factors of regulation of biological activity of soil in the crop rotation. *ACTA TECHNICA*

CORVINIENSIS. *Bulletin of Engineering*. Tome XII [2019] | Fascicule 3 July-September. P. 111–113. (<http://acta.fih.upt.ro/pdf/archive/ACTA-2019-3.pdf>).
(Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

Тези і матеріали наукових конференцій

36. Шевченко О. М., **Шевченко С. М.**, Ляшенко Н. О., Швець Н. В. Гербіциди і генетичний потенціал гібридів кукурудзи в регулюванні економічної ефективності виробництва зерна. *Науковий збірник «Вісник степу»* Випуск №3 Кіровоград, 2006 р. С. 68–69.

37. Шевченко О. М., **Шевченко С. М.**, Швець Н. В. Гербіциди як екологічний і економічний фактор при вирощуванні кукурудзи. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 100-річчю засновника школи біологічної рекультивациі земель професора М. О. Бекаревича «Раціональне землевикористання рекультивованих та еродованих земель: досвід, проблеми, перспективи»*. Дніпропетровськ, 2006. С. 35–36.

38. Шевченко О. М., **Шевченко С. М.**, Приходько В. І., Швець Н. В. Агроекологічна і економічна ефективність протибур'янового комплексу за вирощування кукурудзи. *Науково-практична конференція молодих учених і спеціалістів «Високоєфективні технології – шлях до стабілізації аграрного виробництва» 28–30 листопада 2011 року*. Київ-Чабани. С. 4–5.

39. **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М. Системи землеробства, агротехнології і видозміна бур'янів. *Природне агровиробництво в Україні: проблеми становлення, перспективи розвитку: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Дніпропетровськ, 22–23 жовтня 2015)*. Дніпропетровськ: РВВ ДДАЕУ, 2015. С. 95–97.

40. **Шевченко С. М.**, Семеренко К. О. Підвищення ефективності гербіцидів в посівах кукурудзи на основі розширення спектру фітотоксичної дії. *Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми*

конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». Кіровоград, 5-6 листопада 2015 р. С. 112–113.

41. **Шевченко С. М., Шевченко О. М., Головка А. В.** Тотальні агротехнологічні заходи проти амброзії полинолистій. *Матеріали регіональної науково-практичної конференції «Еколого-ноосферне вчення академіка М. Т. Масюка та його відображення в освіті, науці та агросфері України», присвяченої 80-річчю з Дня народження М. Т. Масюка.* м. Дніпро 21 жовтня 2016 р. С. 56–58.

42. **Шевченко С. М., Шевченко О. М., Остапчук Я. В.** Еколого-технологічні основи стабілізаційної стратегії розвитку землеробства. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 150-річчю професора С. Л. Франкфурта.* м. Київ, 18 листопада 2016 р. С. 362–363.

43. **Шевченко С. М., Шевченко О. М., Пронько А. С.** Основні напрями підвищення використання орних земель. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 150-річчю професора С. Л. Франкфурта.* м. Київ, 18 листопада 2016 р. С. 363–365.

44. **Шевченко С. М., Шевченко О. М., Сарана А. А.** Способи і знаряддя обробітку ґрунту в сучасному землеробстві. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 150-річчю професора С. Л. Франкфурта.* м. Київ, 18 листопада 2016 р. С. 365–368.

45. Шевченко М. С., **Шевченко С. М.,** Даценко І. М. Методи біоенергетичної оцінки і оптимізації функціонування агроценозів. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур»* м. Дніпро, 22–23 листопада 2016 р. С. 259–263.

46. **Shevchenko S. M.,** Shevchenko O. M., Korin N. L. Struggle with quarantine plants Ambrosia. «Сучасний стан і перспективи розвитку аграрного сектору України». *Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція молодих учених 19–20 жовтня 2016 р.* м. Дніпро. С. 21–26.

47. **Шевченко С. М., Шевченко О. М., Швець Н. В.** Способи регулювання

родючості ґрунту на основі ресурсів агробіоценотичного походження. *«Сучасний стан родючості чорноземних ґрунтів і шляхи підвищення продуктивності сільськогосподарських культур» Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. 2016 р. м. Дніпро. С. 88–91.*

48. **Шевченко С. М.,** Копильцов Д. О., Кулікова А. В. Інноваційно-технологічна система проти амброзії полинолисткої. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 150-річчю професора С. Л. Франкфурта. м. Київ, 18 листопада 2016 р. С. 362–363.*

49. **Шевченко С. М.,** Шевченко О. М. Адаптація фітотоксичного спектру гербіцидів до резистентності бур'янових синузій в посівах кукурудзи. *«Новітні технології – шлях до сталого розвитку АПК України». Матеріали Всеукраїнської наукової конференції (м. Полтава 18 травня 2017 р.)* за ред. А.В. Кохана. Полтава, 2017. С. 61–65.

50. **Шевченко С. М.,** Шевченко О. М., Швець Н. В. Природничі та інтелектуальні джерела народження науки гербології. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Новітні системи землеробства та шляхи підвищення еколого-біологічної ефективності використання земель в сучасному агрокомплексі» (м. Дніпро, 25–26 травня 2017 р.).* Дніпро : ДДАЕУ 2017. С. 89–92.

51. **Шевченко С. М.,** Шевченко О. М. Оптимізація диференційованого використання макро- і мікродобрив за вирощування кукурудзи. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Новітні системи землеробства та шляхи підвищення еколого-біологічної ефективності використання земель в сучасному агрокомплексі» (м. Дніпро, 25–26 травня 2017 р.).* Дніпро: ДДАЕУ, 2017. С. 200–203.

52. **Шевченко С. М.,** Шевченко О. М. Біотехногенне майбутнє степових агроєкосистем в кліматичному аспекті. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Новітні системи землеробства та шляхи підвищення еколого-біологічної ефективності» (м. Дніпро, 25–26 травня 2017 р.).* Дніпро: ДДАЕУ 2017. С. 203–206.

53. **Шевченко С. М., Шевченко О. М., Онищенко Р. О.** Особливості гербокритичних періодів і фітоценотичної стійкості сільськогосподарських культур. *Матеріали XII Міжнародної конференція молодих учених та спеціалістів, присвяченої 100-річчю від Дня створення Національної наукової сільськогосподарської бібліотеки НААН України.* К. : ТОВ «Центр поліграфії «КОМПРИНТ», 2017. С. 35–36.

54. **Шевченко С. М., Шевченко О. М., Феленко В. Л.** Оптимізація розміщення посівів за трансформації аграрного ринку в умовах степової зони. *XII Матеріали Міжнародної конференції молодих учених та спеціалістів, присвяченої 100-річчю від Дня створення Національної наукової сільськогосподарської бібліотеки НААН України.* К. : ТОВ «Центр поліграфії «КОМПРИНТ», 2017. С. 34–35.

55. **Шевченко С. М., Швець Н. В., Даценко І. М.** Біологічні та технологічні методи оптимізації агрофізичного та енергетичного режимів при вирощуванні ярих культур. *Матеріали XII Міжнародної конференції молодих учених та спеціалістів, присвяченої 100-річчю від Дня створення Національної наукової сільськогосподарської бібліотеки НААН України.* К. : ТОВ «Центр поліграфії «КОМПРИНТ». 2017. С. 39–41.

56. **Шевченко С. М., Шевченко О. М., Швець Н. В.** Гербокритичні та суцесійні особливості активності *Orobanche Cuman Wallr.* залежно від частоти повернення соняшника в сівозміні. *Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Стан і перспективи впровадження ресурсощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (м. Дніпро, 15–16 листопада 2017 р.).* Дніпро: ДДАЕУ, 2017. С. 170–172.

57. **Шевченко С. М., Шевченко О. М., Швець Н. В.** Основні напрямки регулювання біоенергетичного балансу в землеробстві. *Матеріали регіональної науково-практичної інтернет-конференції «Зрошуване землеробство: сьогодення, проблеми, перспективи» (2-3 листопада 2017 р.)* : [До 80-річчя професора Ківера В.Х.]. Дніпро : ДДАЕУ, 2017. С. 51–53.

58. **Шевченко С. М., Шевченко О. М., Швець Н. В.** Фітоценотична

конкурентоздатність сільськогосподарських культур. *Наукове забезпечення інноваційного розвитку та адаптація агропромислового виробництва в умовах трансформації клімату: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції*, Дніпро. Полтава, 24-25 травня 2018 р. Дніпровський державний аграрно-економічний університет; Полтавська державна сільськогосподарська дослідна станція ім. М. І. Вавилова ІС і АПВ НААН. Полтава, 2018. С.134–137.

59. Tsyliuryk A. I., **Shevchenko S. M.**, Gonchar N. V., , Ostapchuk Ya. V., Shevchenko O. M., Derevenets-Shevchenko K. A. Agrophysical and biotic factors of regulation of biological activity of soil in the crop rotation. *Agricultural and mechanical engineering: Materials of International Symposium ISB-INMA TECH* (Bucharest, 01-03 November, 2018) 2018. p.185–191.

60. **Шевченко С. М.**, Салова Л. О., Шевченко О. М., Деревенець-Шевченко К. А. Розвиток систем контролювання бур'янів в процесі еволюції землеробства в зоні Степу. *Сучасні погляди на родючість чорноземів та інноваційні шляхи їх покращення: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції присвяченої 130 річниці з початку дослідження ґрунтів, рослинності, геологічних умов Полтавської губернії, Полтава, 05 жовтня 2018 р.* Полтавська державна сільськогосподарська дослідна станція ім. М. І. Вавилова ІС і АПВ НААН. Полтава, 2018. С. 25–27.

61. **Шевченко С. М.**, Момот К. О., Шевченко О. М., Деревенець-Шевченко К. А. Біологічні особливості і фітотоксична реакція Ваточника Сирійського (*Asclepias Syriaca* L.) на застосування гербіцидів. *Сучасні погляди на родючість чорноземів та інноваційні шляхи їх покращення: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції присвяченої 130 річниці з початку дослідження ґрунтів, рослинності, геологічних умов Полтавської губернії, м. Полтава, 05 жовтня 2018 р.* Полтавська державна сільськогосподарська дослідна станція ім. М. І. Вавилова ІС і АПВ НААН. Полтава, 2018. С. 29–32.

62. **Шевченко С. М.**, Хейлик Д. К., Швець Н. В., Хижняк А. А. Методика оцінки водовбирної здатності ґрунтів. *Актуальні проблеми науково-*

інноваційного забезпечення виробництва зерна в контексті сучасних ринкових умов : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів (м. Дніпро, 30-31 травня, 2019 р.). НААН, ДУ Інститут зернових культур. Дніпро, 2019. С. 128–130.

63. **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М. Домінування системних методів в регулюванні фітоценотичної та алергенної шкодочинності амброзії в складних біоландшафтах. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (м. Дніпро, 20 листопада 2019 р.)*. Дніпро: ДДАЕУ, 2019. С. 114–116.

64. Шевченко М. С., Десятник Л. М., Швець Н. В., **Шевченко С. М.** Мінімізація основного обробітку ґрунту та модернізація агрофізичної теорії. *Сучасні тенденції в сільському господарстві «Матеріали Всеукраїнської дистанційної науково-практичної конференції» м. Полтава, 07 жовтня 2020 р.* С. 97–98.

65. Шевченко М. С., Десятник Л. М., **Шевченко С. М.**, Муратов А. А. Нове агрофізичне трактування мінімального основного обробітку ґрунту. *Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (м. Дніпро, 26 листопада 2020 р.)*. Дніпро: ДДАЕУ, 2020. С. 185–188.

66. **Шевченко С. М.**, Малик Д. С., Гунський О. В., Шевченко О. М. Формування забур'яненості посівів пшениці озимої та ефективні методи її контролювання. *Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (м. Дніпро, 26 листопада 2020 р.)*. Дніпро: ДДАЕУ, 2020. С. 189–190.

67. **Шевченко С. М.**, Швець Н. В., Волошин А. О., Плеухов К. М., Боговенко І. О. Особливості домінування *Orobanchе cunana* Wallr. в соняшника в короткоротаційних сівоzmінах. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної*

конференції здобувачів, молодих учених та спеціалістів 3 грудня 2021 р. Харків, 2021. № 1. С. 96–97.

68. **Шевченко С. М.**, Цюрюпа Б. Г., Кривошлик О. І., Новосьолова Д. А., Гавриленко Н. В. Залежність фітоценотичної стійкості сільськогосподарських культур від тривалості гербокритичного періоду. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів, молодих учених та спеціалістів 3 грудня 2021 р.* Харків, 2021. № 1. С. 98–99.

69. **Шевченко С. М.**, Деревенець-Шевченко К. А., Хижняк А. А., Осадчук О. В., Липарь О. А. Адаптивні та фітотоксичні механізми підвищення ефективності контролювання амброзії полинолістої в посівах польових культур. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів, молодих учених та спеціалістів 3 грудня 2021 р.* Харків, 2021. № 1. С. 100–101.

70. Ткаліч Ю.І., Мищик О.О., **Шевченко С.М.** Агропромислова та техногенна оптимізація використання земель сільськогосподарського призначення в степовій зоні. *Зернова галузь – проблеми та перспективи технологічного забезпечення: Матеріали Міжнародної наукової конференції з нагоди 100-річчя від Дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН Валентина Сергійовича Цикова (Дніпро, 12–13 жовтня 2023 р.).* НААН, ДУ Інститут зернових культур. Дніпро, ДУ ІЗК НААН 2023. С. 89–91.

71. **Шевченко С.М.**, Шевченко О.М., Ткаліч Є.Ю. Стан потенційної забур'яненості та методи її регулювання в агротехногенних системах Степу. *Гербологія в сучасному екологічно безпечному землеробстві. Матеріали XIII науково-практичної конференції.* Київ, 2023. 90 с.

72. Шевченко М. С., **Шевченко С. М.** Джерела і витoki степової гербології. *Гербологія в сучасному екологічно безпечному землеробстві. Матеріали XIII науково-практичної конференції.* Київ, 2023. С. 84–86.

73. Ткаліч Ю. І., **Шевченко С. М.** Методи адаптивного добору спектру фітотоксичної дії гербіцидів в посівах пшениці озимої. *Гербологія в сучасному екологічно безпечному землеробстві. Матеріали XIII науково-практичної*

конференції. Київ, 2023. С. 71–73.

74. **Шевченко С. М.**, Стадник Д. І., Деревенець-Шевченко К. А. Банк насіння бур'янів в ґрунті та формування актуальної забур'яненості в фітоценозах. *Зернова галузь – проблеми та перспективи технологічного забезпечення: Матеріали Міжнародної наукової конференції з нагоди 100-річчя від Дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН Валентина Сергійовича Цикова (Дніпро, 12–13 жовтня 2023 р.)*. НААН, ДУ Інститут зернових культур. Дніпро, ДУ ІЗК НААН 2023. С. 91–93.

75. **Шевченко С. М.**, Мороз О. Ю., Шевченко О. М. Динаміка забур'яненості посівів в сівозмінах степового екотипу. *Зернова галузь – проблеми та перспективи технологічного забезпечення: Матеріали Міжнародної наукової конференції з нагоди 100-річчя від Дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН Валентина Сергійовича Цикова (Дніпро, 12–13 жовтня 2023 р.)*. НААН, ДУ Інститут зернових культур. Дніпро, ДУ ІЗК НААН 2023. С. 100–101.

76. **Шевченко С. М.**, Осняч А. І., Ковіка С. В., Янакій О. В., Гавриленко Н. В. Залежність твердості ґрунту від динаміки вологозабезпеченості в степовій зоні. *Зернова галузь – проблеми та перспективи технологічного забезпечення: Матеріали Міжнародної наукової конференції з нагоди 100-річчя від Дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН Валентина Сергійовича Цикова (Дніпро, 12–13 жовтня 2023 р.)*. НААН, ДУ Інститут зернових культур. Дніпро, ДУ ІЗК НААН 2023. С. 101–102.

77. Деревенець-Шевченко К. А., Шевченко О. М., **Шевченко С. М.** Ґрунтозахисні системи обробітку і особливості формування шкідливого комплексу в посівах кукурудзи. *Current challenges of science and education. Proceedings of the 5th International scientific and practical conference*. MDPC Publishing. Berlin, Germany. 2024. pp. 19–23.

78. Dent D., **Shevchenko S.** Smart agricultural technology for profit, sustainability and environmental safety. *Наукові основи адаптивного землеробства: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції з*

нагоди 100-річчя від Дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка ФЕДОРА ТРОХИМОВИЧА МОРГУНА, 90-річчя Агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету та Міжнародного дня здоров'я рослин (16-17 травня 2024 року, м. Дніпро). Дніпро: ДДАЕУ, 2024. С. 220–222.

Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації

Патенти на корисну модель

79. Лебідь Є. М., Шевченко М. С., Мойсеєнко В.П., Шевченко О. М., **Шевченко С. М.** Патент № 13812 Україна, МПК (2006) А01В79/02. «Спосіб боротьби з бур'янами» Оpubліковано 2006 р. Бюлетень №4.

80. Лебідь Є. М., Горобець А. Г., Горбатенко А. І., Шевченко М. С., Мойсеєнко В. П., Шевченко О. М., **Шевченко С. М.** Патент № 21526 Україна, МПК А01В79/02 (2007.01). «Спосіб боротьби з бур'янами на полях, вкритих пожнивними рештками» Промислова власність, Бюлетень №3 книга 1 2007 р.

81. Лебідь Є. М., Циков В. С., Шевченко М. С., Мойсеєнко В. П., Горобець А. Г., Горбатенко А. І., Лінський А. М., Шевченко О. М., **Шевченко С. М.** Патент №25125 Україна, «Оприскувач». Промислова власність, 2007 р. Бюлетень №11 книга 1.

82. Лебідь Є. М., Циков В. С., Черенков А. В., Шевченко М. С., Мойсеєнко В. П., Пащенко Ю. М., Шевченко А. М., **Шевченко С. М.**, Гирка А. Д. Пат. 39123 Україна, МПК А01С21/00 (2009.02). Спосіб удобрення ґрунту і сівби насіння рослин . Власник: Інститут зернового господарства УААН. № U 200809564; заявл. 21.07.2008; опубл. 10.02.2009, Бюл. №3 (кн. 1).

Статті в інших виданнях

83. Шевченко М. С., Шевченко О. М., **Шевченко С. М.** Прорив на кукурудзяному полі. *Практичний посібник аграрія «Agroexpert»*. Жовтень, 2013. №10 (63). С. 22–25 . (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі –

80 %).

84. Шевченко О. М., **Шевченко С. М.** Епоха потепління і кукурудза. *Журнал «Farmer»*. №3 (51). Березень, 2014. С. 42–44. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

85. **Шевченко С. М.**, Шевченко О. М. Агротехнічна система проти шкодочинності амброзії полинолисткої. *Журнал «Агроном»*. № 1 (43). Лютий, 2014. С. 64–68. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

86. Шевченко М. С., Шевченко О. М., **Шевченко С. М.** Соняшник: економічний стрибок чи екологічний баланс. *Практичний посібник аграрія «Agroexpert»*. Березень, 2014. № 3 (68). С. 22–27. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

87. Шевченко М. С. **Шевченко С. М.**, Десятник Л. М. Зберегти силу чорнозему. *Farmer*. № 9 (81). Вересень, 2016. С. 48–52. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 75 %).

88. Шевченко М. С., Десятник Л. М., **Шевченко С. М.** Принцип диференціації. *Farmer*. №12 (84). Грудень, 2016. С. 62–64. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

89. Шевченко М.С. Десятник Л. М., **Шевченко С. М.**, Деревенець-Шевченко К. А. Невгамовний вовчок. *Farmer*. №1 (97). Вересень, 2018. С. 54–56. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

90. Шевченко М. С., Шевченко О. М., **Шевченко С. М.** Екологія, енергетика, економіка і систематика агротехнологій. *Ексклюзивні технології*. 2018. С. 14–20. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 80 %).

91. Шевченко М., Черчель В., **Шевченко С.** Наука підвищує врожай. *The Ukrainian Farmer*. Вересень, 2020. С. 16–17. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

Навчальний посібник

92. Черчель В. Ю., Шевченко М. С., Десятник Л. М., **Шевченко С. М.** Контролювання деградації ґрунтів і підвищення їх родючості: Навчальний посібник. Київ : Agrarian Science, 2020. 168 с. (Здобувачем встановлено основні засади контролювання щодо деградації ґрунтів і підвищення їх родючості).

Методичні рекомендації

93. Лебідь Є. М., Циков В. С., Пащенко Ю. М., Шевченко М. С., Кирпа М. Я., Пащенко Н. А., Кордин О. І., **Шевченко С. М.** Методика проведення польових дослідів. Інститут зернового господарства, Дніпропетровськ, 2008. 27с.

94. А. В. Черенков, М. С. Шевченко, В. Ю. Черчель, В. В. Мороз, Є. М. Лебідь, В. С. Циков, Б. В. Дзюбецький та інші [**С. М. Шевченко**]. Особливості проведення весняно-польових робіт в зоні Степу в 2012 році. Рекомендовано вченою радою ДУ Інституту сільського господарства степової зони НААН України. Дніпропетровськ, 2012. 111 с.

95. Черенков А. В., Циков В. С., Дзюбецький Б. В., Шевченко М. С., Красненков С. В., Кирпа М. Я., Черчель В. Ю. та інші [**С. М. Шевченко**]. Інтенсифікація технологій вирощування кукурудзи на зерно – гарантія стабілізації урожайності на рівні 90-100 ц/га (практичні рекомендації). Рекомендовано вченою радою ДУ Інституту сільського господарства степової зони НААН України (протокол №6 від 12 квітня 2012 р.). Дніпропетровськ, 2012. 30с.

96. Швайка І. О., Гадзало Я. М., Заришняк А. С., Іващенко О. О. та інші [**С.М. Шевченко**]. Сівба озимих культур-основа високого врожаю. Рекомендації з впровадження інноваційних агротехнологій для зони Степу в 2014.

Дніпропетровськ. 39 с.

97. Павленко О. М., Краснопольський Я. В., Сухомлин Л. В., Гадзало Я. М. та інші [**С. М. Шевченко**]. Освоєння інноваційно-технологічного комплексу весняно-польових робіт в степовій зоні. Науково-практичні рекомендації з вирощування сільськогосподарських культур в 2015 році. Дніпропетровськ, ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААНУ, 2015. 59 с.

98. Павленко О. М., Краснопольський Я. В., Топчій В. М., Сухомлин Л. В., Гадзало Я. М., та інші [**С. М. Шевченко**] Агротехнологічна та інноваційна стратегія проведення весняно-польових робіт в умовах 2016 року. Науково-практичні рекомендації з вирощування сільськогосподарських культур в 2016 році. ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН України. Дніпро, 2016. 90 с.

99. Топчій В. М., Сухомлин Л. В., Гадзало Я. М., Черенков А. В., Шевченко М. С., Черчель В. Ю., та інші [**С. М. Шевченко**]. Весняному полю – інноваційні сорти і технології. Науково-практичні рекомендації з вирощування сільськогосподарських культур в 2017 році. ДУ Інститут зернових культур НААН України. Дніпро, 2017. 59 с.