

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

МЕЛЬНИЧУК ФЕДІР СТЕПАНОВИЧ

УДК 632.9+ 631.674

ДИСЕРТАЦІЯ

**НАУКОВІ ОСНОВИ РЕГУЛЯЦІЇ ФІТОСАНІТАРНОГО СТАНУ
ЗРОШУВАНИХ АГРОЕКОСИСТЕМ**

03.00.16 - екологія

Сільськогосподарські науки

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



Мельничук Ф.С.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий консультант: д.т.н., професор Ромащенко М.І.

Київ – 2021

Мельничук Ф.С. Наукові основи регуляції фітосанітарного стану зрошуваних агроєкосистем. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук зі спеціальності 03.00.16 - екологія. – Інститут водних проблем і меліорації НААН України, Дніпровський державний аграрно-економічний університет; Дніпро, 2021.

Зрошення є умовою стабільного виробництва сільськогосподарської продукції, особливо це стосується регіонів із недостатнім та не стійким зволоженням. До таких належить понад 70% земельних угідь в Україні. Невелика кількість опадів за значного надходження теплових ресурсів призводить до того, що ведення землеробства в південному регіоні знаходиться на межі постійного ризику. Відповідно, врожайність культур коливається в широких межах. За таких умов, успішна сільськогосподарська діяльність можлива тільки за рахунок зрошення. Додатковий полив зменшує негативний вплив ґрунтової і повітряної посухи на продукційні процеси культур, оптимізує умови їх вирощування. Встановлено, що врожайність пшениці озимої за додаткового зволоження майже у 2 рази більше, ніж без зрошення, кукурудзи на зерно – у 3,5 рази, соняшнику – в 1,8 рази, сої – в 2,7 рази. Це також стосується й інших культур, які вирощуються на півдні України. Перевага зрошення очевидна навіть за мінімального рівня застосування агроресурсів, тому воно повинно і надалі залишатися пріоритетним напрямом розвитку сільськогосподарського виробництва у степовій зоні України

В умовах зрошення в зв'язку зі змінами екологічного фону агробіоценозів значно зростають потреби в ефективності та надійності застосовуваних засобів та методів захисту рослин. На сьогодні виникла гостра потреба в оновленні та доповненні матеріалів, що стосуються оцінки фітосанітарної ситуації і розуміння процесів, які відбуваються в посівах зернових культур. Водночас здійснення діагностики та моніторингу патогенних організмів є

обов'язковою умовою для удосконалення систем захисту, в яких і надалі істотна роль залишається за використанням хімічних засобів.

У дисертаційній роботі проаналізовано та узагальнено стан і результати досліджень вітчизняних та зарубіжних учених щодо застосування пестицидів в інтегрованих системах захисту рослин, шляхів їх міграції та пов'язаних з цим екологічних ризиків, біодеградації пестицидів у ґрунтових та водних системах, оцінки гострої та хронічної токсичності методами біотестування, екологічних принципів створення меліоративних систем. Обґрунтовано актуальність і необхідність проведення досліджень за темою дисертаційної роботи.

Проведено аналіз впливу інсектицидів групи неонікотиноїдів на *Daphnia magna*, *Eisenia fetida* і мікрофлору ґрунту. Показано, що хронічний сублетальний вплив імідаклоприду та інших представників групи неонікотиноїдів на зростання і розмноження дафнідів є наслідком гальмування функції харчування цих організмів. Для *Daphnia magna* пригнічення розмноження було більш чутливим і показовим чинником для впливу на популяцію, ніж пряма летальність. Виявлено, що неонікотиноїди імідаклоприд і клотіанідін мають високу і середню небезпеку по відношенню до *Daphnia magna*, відповідно. Інші неонікотиноїди в рекомендованих концентраціях становили низьку або нульову небезпеку.

По відношенню до дощових черв'яків найбільш небезпечним виявився клотіанідін. Тіаклоприд є слаботоксичним, а тіаметоксам - практично не токсичним. Відзначено, що кращою формою рухової активності для виживання черв'яків є реакція горизонтальної міграції із зони забруднення в чистий ґрунт.

Встановлено, що група фосфатмобілізувальних бактерій збільшувала свою чисельність під дією всіх неонікотиноїдних інсектицидів: тіаметоксаму, тіаклоприду і клотіанідіну. Найбільше пригнічувалось зростання популяцій мікроорганізмів, що відносяться до міксоміцетів, які виявилися найбільш чутливими до дії неонікотиноїдів в мікробіомі ґрунту в умовах зрошення.

Високу цитотоксичність проявили протруйники, які склалися з: каптан, 350 г / л + карбендазим, 150 г / л, флудіоксоніл, 25 г / л + металаксил-М, 10 г / л і флутриафол, 37,5 г / л + тіабендазол, 25 г / л + імазаліл, 15 г / л. Вони придушували проліферативну активність меристематичних клітин, що призводило до деякої затримки ростових процесів в паростках сої.

Зміни в режимі зволоження ґрунту, викликані проведенням поливів, привели до трансформації структури комплексу личинок коваликів, а саме домінування видів *Agriotes sputator* L. і *Agriotes obscurus* L., які віддіють перевагу зволуженим ґрунтам, тоді як на богарі більша частка в комплексі належить *Agriotes gurgistanus* Fald. , *Agrypnus murinus* L.

Зрошення посівів методом дощування є вагомим фактором в обмеженні чисельності гусениць совок. Гусениці совок молодших поколінь L1-L2 більш уразливі до дії зрошення в посівах кукурудзи. При дощуванні максимально знижується чисельність яєць совки озимої і ранніх стадіях розвитку шкідника. Зниження частки шкідника щодо умов без зрошення становило 6,8-67,7%.

Відзначено, що видовий склад фітофагів зрошуваних посівів пшениці ідентичний видовому складу, вихзначеному для даної культури при відсутності зрошення, проте кількісне співвідношення видів істотно відрізнялося. Більш високу чисельність личинок клопа-черепашки, попелиць і личинок трипсів спостерігали на зрошуваних посівах.

Фітопатогенний комплекс соняшнику на зрошенні характеризувався великою різноманітністю. До його складу входили септоріоз, фомоз, іржа, фомопсис, біла гниль і фузаріозна гниль. У той же час на ділянках без зрошення було зафіксовано ураження лише трьома хворобами - септоріозом, іржею і фомозом. Встановлено, що в умовах достатньої вологості на соняшнику домінують септоріоз і фомоз. В умовах посухи спостерігався більш інтенсивний розвиток іржі.

Зрошення, в комплексі з іншими агроприйомами, є ключовим фактором інтенсифікації ростових процесів і формування продуктивності посівів кукурудзи.

Застосування інсектицидів через систему крапельного зрошення є перспективним напрямком в захисті рослин і може успішно використовуватись для захисту посівів від різних видів комах-фітофагів. Перевагою таких систем є можливість швидкого застосування пестицидів у зручний для сільгоспвиробника час, незалежно від погодних умов.

В умовах Південного Степу України використання інсектицидів одночасно з крапельним зрошенням за рахунок локального їх внесення забезпечувало високу ефективність препаратів проти основних шкідників томатів, кукурудзи, капусти, сої, пшениці, подовжувало тривалість токсичної дії в порівнянні зі способом обприскування.

За зрошення застосування на сої, кукурудзі, фунгіцидів груп сторобілуринов і триазолов забезпечувало захист від хвороб листя на рівні 83-94%, на помідорах - до 52%, на моркві - 53-93%.

За результатами отриманих експериментальних даних розроблені технології застосування пестицидів на посівах кукурудзи, томатів і сої, які передбачають застосування пестицидів разом з поливною водою і додаткову обробку хімічними препаратами протягом вегетації традиційними методами внесення. Проведення додаткових профілактичних обробок методом обприскування дає можливість в стислі терміни підбирати терміни внесення пестицидів в залежності від фітосанітарної ситуації. За результатами проведених досліджень такі технології дозволили отримати прибавку врожаю на кукурудзі на 1,8% більше за класичну технологію внесення засобів захисту рослин, на сої - на 3,3% і на помідорах - на 3,4%.

Розрахунки економічних показників підтверджують доцільність застосування розробленої технології захисту.

Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, в якому на основі експериментального вивчення впливу різних способів зрошення на формування ентомокомплексів та фітопатогенів сільськогосподарських культур, дослідження токсичної дії пестицидів, встановлення ефективності різних способів застосування інсектицидів і фунгіцидів та теоретичного

узагальнення одержаних результатів розв'язано актуальну проблему – розробку системи захисту основних сільськогосподарських культур від комплексу шкідників і хвороб в умовах зрошення.

За результатами наукових досліджень *уперше*:

- виявлено зміни, що відбуваються в комплексах наземних та ґрунтових шкідників кукурудзи, пшениці озимої за умов зрошення;
- встановлено зміни фітопатогенів соняшнику за умов зрошення;
- обґрунтовано, що зрошення посівів способом дощування є вагомим чинником в обмеженні чисельності гусениць совок;
- встановлено, що застосування інсектицидів через систему краплинного зрошення для захисту кукурудзи, сої, пшениці озимої, томатів, картоплі та капусти від комплексу фітофагів є перспективним напрямом у захисті рослин і може успішно використовуватись;
- показано відмінності у впливі тіаметоксаму, тіаклоприду та клотіанідину на *Eisenia fetida* і *Daphnia magna*;
- встановлено високу цитотоксичність протруйників на основі карбендазиму, флудіоксонілу, металаксилу-М, флутріяфолу, тіабендазолу, імазалілу до меристематичних клітин сої.

Удосконалено:

- теоретично та методологічно систему застосування інсектицидів та фунгіцидів на кукурудзі, пшениці озимій, сої, томатах за різних способів зрошення;
- метод контролю чисельності гусениць совок способом дощування посівів.

Отримало подальший розвиток:

- наукове обґрунтування використання комбінованої системи захисту сої, кукурудзи та томатів від комплексу фітофагів та фітопатогенів;
- застосування інсектицидів через систему краплинного зрошення в захисті кукурудзи, сої, пшениці озимої, томатів, картоплі та капусти від комплексу фітофагів;

– підходи щодо диференційної чутливості різних штамів *D. magna* до органічних мікрозабруднювачів.

Результати досліджень мають практичне значення для впровадження у виробництво розроблених систем захисту кукурудзи, сої та томатів від комплексів шкідників та хвороб за зрошення, які ґрунтуються на особливостях формування комплексів шкідливих організмів за умов зрошення, добору пестицидів, які відповідають вимогам, що пред'являються до краплинного зрошення, визначення оптимальних строків їх застосування, раціональному використанні пестицидів, що забезпечують отримання стабільно високих урожаїв.

Ключові слова: шкідники, хвороби, зрошення, інсектициди, фунгіциди, система захисту.

Melnichuk F.S. Scientific bases of regulation of phytosanitary conditions in irrigated agroecosystems. - A qualification scientific work as a manuscript.

Thesis for a scientific degree of the doctor of agricultural sciences in specialty 03.00.16 - ecology. - Institute of water problems and lands reclamation NAAN of Ukraine, Dnipro State Agrarian and Economic University; Dnipro, 2021.

Irrigation is a condition for stable agricultural production, especially in regions with insufficient and unsustainable moisture. These include more than 70% of land in Ukraine. A small amount of precipitation with a significant inflow of thermal resources leads to the fact that farming in the southern region is on the verge of constant risk. Accordingly, crop yields vary widely. Under such conditions, successful agricultural activity is possible only through irrigation. Additional watering reduces the negative impact of soil and air drought on the production processes of crops, optimizes the conditions of their cultivation. It was found that the yield of winter wheat with additional moisture is almost 2 times higher than without irrigation, corn for grain – 3,5 times, sunflower – 1,8 times, soybeans – 2,7 times. This also applies to other crops grown in southern Ukraine. The advantage of irrigation is obvious even at the minimum level of agricultural

resources, so it should continue to be a priority for the development of agricultural production in the steppe zone of Ukraine.

Under irrigation conditions, due to changes in the ecological background of agrobiocenoses, the needs for efficiency and reliability of applied means and methods of plant protection increase significantly. Today there is an urgent need to update and supplement the materials related to the assessment of the phytosanitary situation and understanding of the processes occurring in cereal crops. At the same time, the diagnosis and monitoring of pathogens is a prerequisite for the improvement of protection systems, in which the use of chemicals continues to play a significant role.

The dissertation analyzes and summarizes the state and results of research of domestic and foreign scientists on the use of pesticides in integrated plant protection systems, their migration and associated environmental risks, biodegradation of pesticides in soil and water systems, assessment of acute and chronic toxicity, ecological principles of land reclamation systems. The relevance and necessity of conducting research on the topic of the dissertation are substantiated.

The effect of neonicotinoid insecticides on *Daphnia magna*, *Eisenia fetida* and soil microflora was analyzed. It is shown that the chronic sublethal effect of imidacloprid and other members of the neonicotinoid group on the growth and reproduction of daphnids is a consequence of the inhibition of the nutritional function of these organisms. For *Daphnia magna*, reproductive inhibition was a more sensitive and indicative factor for population impact than direct mortality. It was found that the neonicotinoids imidacloprid and clothianidin have a high and medium risk against *Daphnia magna*, respectively. Other neonicotinoids at the recommended concentrations posed low or zero danger.

Clothianidin was the most dangerous for earthworms. Thiacloprid has low toxicity and thiamethoxam was almost non-toxic. It was noted that the best form of motor activity for the survival of worms is the reaction of horizontal migration from the zone of contamination to clean soil.

It was found that the group of phosphate-mobilizing bacteria increased its number under the action of all neonicotinoid insecticides: thiamethoxam, thiacloprid and clothianidin. The growth of populations of microorganisms belonging to myxomycetes was most inhibited. It was proved that they are the most sensitive to the action of neonicotinoids in the soil microbiome under irrigation conditions.

High cytotoxicity was shown by disinfectants consisting of: captan, 350 g/l + carbendazim, 150 g/l, fludioxonil, 25 g/l + metalaxyl-M, 10 g/l and flutriafol, 37,5 g/l + thiabendazole, 25 g/l + imazalil, 15 g/l. They suppressed the proliferative activity of meristematic cells, which led to some delay in growth processes in soybean sprouts.

Changes in soil moisture caused by irrigation have led to a transformation of the structure of the complex of larvae of wireworms, namely the dominance of *Agriotes sputator* L. and *Agriotes obscurus* L., which prefer moist soils. The dominance of *Agriotes gurgistanus* Fald., *Agrypnus murinus* L. was detected in fields without irrigation.

Irrigation of crops by sprinkling is an important factor in limiting of the population of *Agrotis segetum*. Larvae of younger generations L1-L2 are more vulnerable to irrigation in corn. When sprinkling, the number of eggs of *Agrotis segetum* and early stages of its larvae is minimized. The decrease in the proportion of pest compared to conditions without irrigation was 6,8-67,7%.

It is noted that the species composition of phytophages of irrigated wheat crops is identical to the species composition determined for this crop in the absence of irrigation, but the quantitative ratio of species differed significantly. Higher numbers of sunn bug larvae, aphids and thrips larvae were observed on irrigated crops.

Phytopathogenic complex of sunflower under irrigation was characterized by a large diversity. It consisted of septoria leaf blotch, phoma leaf spot, rust, phomopsis, white rot and fusarium rot. At the same time, in the areas without irrigation, only three diseases were recorded – septoria leaf blotch, rust and

phomosis. It was established that septoria leaf blotch and phomosis dominated on sunflower under conditions of sufficient humidity. Under drought conditions, more intensive development of rust was observed

Irrigation, in combination with other agricultural techniques, is a key factor in intensifying growth processes and the formation of productivity of corn.

The use of insecticides through the drip irrigation system is a promising for plant protection and can be successfully used to protect crops from various species of phytophagous insects. The advantage of such systems is the ability to quickly apply pesticides at a convenient time for the farmer, regardless of weather conditions.

Under conditions of the Southern Steppe of Ukraine the use of insecticides simultaneously with drip irrigation provided high efficiency against the main pests of tomatoes, corn, cabbage, soybeans, wheat, prolonged the duration of toxic effects compared to spraying.

Under irrigation, the use of fungicides from groups of strobilurins and triazoles on soybeans and corn provided protection against leaf diseases at the level of 83-94%, on tomatoes - up to 52%, on carrots - 53-93%.

Based on the results of the obtained experimental data, technologies for the use of pesticides in corn, tomato and soybean crops have been developed, which provide the use of pesticides together with irrigation water and additional chemical treatment during the growing season by traditional application methods. Carrying out additional preventive treatments by spraying makes it possible to quickly select the timing of pesticides, depending on the phytosanitary situation. According to the results of the research, such technologies allowed to increase the corn yield by 1,8%, soybeans - by 3,3% and tomatoes - by 3,4% in comparison to the traditional technology of application of plant protection products.

Calculations of economic indicators confirmed the feasibility of using the developed protection system.

The dissertation is a completed research study in which on the basis of experimental study of the influence of different types of irrigation on the formation

of entomocomplexes and phytopathocenoses of major crops, study of toxic effects of pesticides, establishing the effectiveness of different methods of application of insecticides and fungicides in irrigation systems and theoretical generalization of obtained results the urgent problem - the development of a system of protection of major crops from a complex of pests and diseases under irrigation was solved.

According to the results of scientific research for the *first time*:

- the changes occurring in the complexes of terrestrial and soil pests of corn, winter wheat under irrigation conditions were detected;
- the changes in the phytopathocenosis of sunflower under irrigation conditions have been established;
- it is shown that irrigation of crops by sprinkling is an important factor in limiting the number of *Agrotis segetum* larvae;
- it is established that the use of insecticides through the drip irrigation system is a promising area in plant protection and can be successfully used to protect corn, soybeans, winter wheat, tomatoes, potatoes, cabbage against the phytophagous complex.
- differences in the effect of thiamethoxam, thiacloprid and clothianidin on *Eisenia fetida* and *Daphnia magna* were showed;
- high cytotoxicity of disinfectants based on carbendazim, fludioxonil, metalaxyl-M, flutriafol, thiabendazole, imazalil for soybean meristematic cells was established;

Improved:

- theoretically and methodologically the system of application of insecticides and fungicides on corn, winter wheat, soybeans, tomatoes under different methods of irrigation;
- method of controlling the number of *Agrotis segetum* larvae by sprinkling.

Received further development:

- scientific substantiation of the use of the combined system of protection of soybeans, corn and tomatoes from a complex of phytophages and phytopathogens;
- application of insecticides through the drip irrigation system in the

protection of corn, soybeans, winter wheat, tomatoes, potatoes and cabbage from the phytophagous complex;

- approaches to the differential sensitivity of different strains of *D. magna* to organic micropollutants.

The results of research are of practical importance for the introduction into the production of developed systems for protection of corn, soybeans and tomatoes from complexes of pests and diseases for irrigation, based on the peculiarities of the formation of pest complexes under irrigation, selection of pesticides that meet the requirements for drip irrigation, determining the optimal timing of their use, the rational use of pesticides that ensure consistently high yields.

Key words: pests, diseases, irrigation, insecticides, fungicides, protection system.

Список опублікованих праць за темою дисертації

Монографії

1. Ретьман С.В., Лісовий М.П., Борзих О.І., Кислих Т.М., **Мельничук Ф.С.**, Ретьман М.С. Реєстраційні випробування фунгіцидів у сільському господарстві. Т. 1. / За ред. М.П. Лісового Київ: Колобіг, 2013. 296 с.

(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнено їх результати, підготовано книгу до друку).

2. Ретьман С.В., Борзих О.І., Кислих Т.М., Шевчук О.В., Горбачова Н.П., Віннічук Т.С., **Мельничук Ф.С.**, Марченко О.А., Ретьман М.С., Демчинська М.І., Коваль Г.В., Ящук В.У. Реєстраційні випробування фунгіцидів у сільському господарстві. Т. 2. Київ : Колобіг, 2014. 352 с.

(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнено їх результати).

3. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю.О., Малярчук М.П., **Мельничук Ф.С.** та ін. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Херсон. 2014. 286 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнено їх результати).*

4. **Мельничук Ф.С.?** Ретьман М.С., Лепешкін І.В., Механізми фунгіцидного захисту. Київ : Колобіг, 2014. – 192 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнено їх результати, підготовано книгу до друку).*

Посібник

5. Каленіков А.Т, Жбанов В.В., Корюненко В.М., **Мельничук Ф.С.** Системи краплинного зрошення. Загальні технічні вимоги та методи визначення технологічних параметрів: Посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи і споруди». Київ : ДІА. 2015. 200 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнено їх результати)*

Статті у наукових фахових виданнях України

6. Сергієнко В.Г., Охрімчук В.М., **Мельничук Ф.С.** Імуноцитопіт на овочах. *Захист рослин.* 2003. № 1. С. 13. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнено їх результати)*

7. Ромащенко М.І., Шатковський А.П., Конаков Б.І., **Мельничук Ф.С.** Ефективність внесення гербіцидів з поливною водою при мікродошуванні моркви. *Науковий вісник Національного аграрного університету.* 2007. Вип. 105. С. 171-175. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

8. Лісовий М. П., Ретьман С. В., **Мельничук Ф. С.** Фунгіцидна резистентність грибів – збудників хвороб та шляхи її подолання. *Вісник аграрної науки.* 2010. № 9. С. 19-21. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

9. **Мельничук Ф.С.** Ефективність фунгіцидів проти комплексу хвороб соняшника в умовах Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків.* 2013. №17. С. 450–453.

10. **Мельничук Ф.С.** Ефективність різних систем захисту картоплі від фітофторозу та альтернarioзу. *Науковий вісник НУБіП, Київ.* 2013. Вип. 183. С. 156–161.

11. Усата Л.Г., **Мельничук Ф.С.** Властивості зрошеного ґрунту після гіпсування. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Спеціальний випуск. Ґрунтознавство і меліорація ґрунтів. Харків : 2014. №2. С. 326. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

12. Семенко Л.О., **Мельничук Ф.С.** Значення застосування засобів хімізації у підвищенні врожайності та структури врожаю пшениці озимої. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спеціальний випуск. Охорона ґрунтів від ерозії і техногенного забруднення, рекультивация, агрохімія, біологія ґрунтів. 2014. № 3. С. 226–227. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

13. **Мельничук Ф.С.** Ефективність фунгіцидів проти хвороб моркви на зрошенні. *Карантин і захист рослин*. 2015. № 12. С. 10–11.

14. **Мельничук Ф.С.**, Марченко О.А., Ретьман М.С. Цитотоксична дія фунгіцидних протруйників на паростки сої. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2015. Режим доступу до ресурсу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nd_2015_5_23.pdf (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

15. **Мельничук Ф.С.**, Мельничук Л.М., Алексєєва С.А., Лікар С.П. Вплив стеблового кукурудзяного метелика на розвиток фузаріозу качана. *Карантин і захист рослин*. 2017. № 10-12. С. 21–24. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

16. **Мельничук Ф.С.**, Алексєєва С. А., Гордієнко О. В. Захист картоплі від шкідливих організмів. *Меліорація і водне господарство*. 2019. Вип. 1 (109). С. 99-107. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

17. **Мельничук Ф.С.**, Марченко О.А., Шатковський А.П., Мельничук

Л.М., Ретьман М.С., Ничипорук О.М. Стан та перспективи вивчення ефективності дії пестицидів на продукційні процеси в умовах зрошення. *Меліорація і водне господарство*, 2019, № 2. С. 209 - 216. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

18. **Мельничук Ф.С.**, Алексєєва С.А., Гордієнко О.В., Шатковська К.Б. Вплив зрошення на розвиток совки озимої в посівах пшениці озимої та кукурудзи. *Наукові доповіді НУБіП*. 2020. № 1 (83). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.01.003> (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

19. **Мельничук Ф.С.**, Алексєєва С.А., Гордієнко О.В., Мельничук Л.М., Шатковська К.Б. Контроль чисельності ґрунтових шкідників кукурудзи за умов краплинного зрошення та дощування. *Меліорація і водне господарство*. 2020. Том 111, № 1. С. 86-94. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

20. **Мельничук Ф.С.**, Алексєєва С. А., Гордієнко О. В., Мельничук Л.М., Шатковська К.Б. Ефективність інсектицидів проти основних фітофагів картоплі за дощування та краплинного зрошення. *Біологічні системи: теорія та інновації*. 2020. Том 11, № 3. С. 92 – 105. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

21. Шатковський А.П., Журавльов О.В., **Мельничук Ф.С.**, Овчатов І.М., Ярош А.В. Вплив способів зрошення на продуктивність кукурудзи. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. № 11 (4). С. 34-42. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

22. Ретьман М.С., **Мельничук Ф.С.**, Дрозд П.Ю., Марченко О.А. Фунгіцидні системи захисту картоплі, що застосовуються в умовах

інтенсивних агротехнологій. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія*, 2015. Вип. 210, №1. С. 290-294. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

23. **Мельничук Ф.С.**, Марченко О.А., Васильєв А.А. Вплив зрошення на фітопатогенний комплекс на соняшнику в умовах Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки – Херсон: ВД «Гельветика», 2020. Вип. 116. С. 32-41. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

24. **Мельничук Ф.С.**, Марченко О.А., Коваль Г.В.. Вплив неоникотиноїдних інсектицидів на мікробом ґрунту на зрошуваних землях. *Аграрні інновації. 2020. № 3. С. 45-53. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

25. **Мельничук Ф.С.**, Марченко О.А., Шатковський А.П., Коваленко І.О. Особливості захисту овочевих культур в умовах зрошення. *Наукові горизонти. 2020. №12. С. 36-45. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

Статті у виданнях, занесених до WoS Core Collection

26. Shatkovskiy A., Romashchenko M., Vasyuta V., Zhuravlov O., Melnychuk F., Cherevychnyi Yu., Shatkovska K., Yarosh H. Measurement of the cell sap concentration of plant's leaves for irrigation's scheduling // *Modern Phytomorphology* 13: 54-57. 2019. DOI: 10.5281/zenodo

<https://www.phytomorphology.com/articles/measurement-of-the-cell-sap-concentration-of-plants-leaves-for-irrigations-scheduling.pdf>

(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати).

27. Shatkovskiy A.P., Romashchenko M.I., Zhuravlov O.V., Vasyuta V.V.,

Melnychuk F.S., Ovchatov I.M., Yarosh A.V., Semenko L.O. Evaluation of the «Penman-Monteith» model for determination of soybeans' evapotranspiration in irrigated conditions of the Steppe of Ukraine. *Modern Phytomorphology*. 2020. Vol. 14. P. 115-118. DOI: [10.5281/zenodo.4449887](https://doi.org/10.5281/zenodo.4449887)
<https://zenodo.org/record/4449887#.YCDC0ugzbiU>

(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати).

Статті у закордонних періодичних виданнях

28. Ретьман С. В., Борzych А.И., Кислых Т.Н., Стригун А.А., Сторчоус И.Н., Шевчук О.В., **Мельничук Ф.С.** Защита сои. *Защита и карантин растений*. 2015. №4. С. 53–88. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати).

29. **Melnychuk F.**, Melnychuk L., Alekseeva S., Retman S., Hordiienko O. Neonicotinoids against sucking pests on winter wheat stands in the Forest-Steppe Zone of Ukraine. *Annals of agrarian science*. 2019.Vol.17, N2. P. 175-179. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

30. Шатковский А.П., Семенко Л.О., **Мельничук Ф.С.** Основные аспекты внесения фунгицидов с поливной водой на системах капельного орошения плодовых насаждений. *Сборник научных трудов ФГБНУ «РосНИИПП»*. Новочеркасск, 2013. С. 171–175. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

31. **Melnychuk F.**, Marchenko O., Fedak G., Xue A. Cytotoxic effects of chemical seed treatments on soybean seedlings. *Phytopathology*. 2014. V. 104 (Suppl. 3). P. 79-82. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

Патент на корисну модель

32. Деклар. пат. на корисну модель № 20014 Україна, МПК А01В 79/02. Спосіб внесення гербіцидів при мікродощуванні моркви. Ромащенко М.І.,

Корюненко В.М., Мельничук Ф.С., Шатковський А.П. (Україна) – № 2006 06223. Заявл. 05.06.2006. Опубл. 15.01.2007., Бюл. Промислова власність №1.

Тези доповідей на наукових конференціях

33. **Мельничук Ф.С.**, Мельничук Л.М., Алексеева С.А. Влияние стеблового кукурузного мотылька на развитие фузариоза кукурузы. Материалы международной научно-практической конференции «Эпидемии болезней растений: мониторинг, прогноз, контроль». Большие Вяземы, 2017. С. 196-203. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

34. **Мельничук Ф.С.**, Алексеева С. А., Гордієнко О. В. Вплив якісних характеристик води на ефективність застосування пестицидів. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Вода для всіх», присвяченої Всесвітньому дню водних ресурсів (21 березня 2019 р., ІВПіМ, м. Київ). Київ, 2019. С. 207-208. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

35. **Мельничук Ф.С.**, Марченко О. А., Ретьман М.С., Мельничук Л.М. Застосування пестицидів в інтегрованих системах захисту просапних культур за краплинного зрошення. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Вода для всіх», (Київ, 21 березня 2019 р., К.: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2019. С. 195-196. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

36. **Мельничук Ф.С.**, Мельничук Л.М, Шатковська К.Б. Роль біомаркерів в оцінці токсичного впливу на водні екосистеми. Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю «Екологічні та гігієнічні проблеми сфери життєдіяльності людини», (Київ, 12 березня 2019 р., К.: Національний медичний університет імені О.О. Богомольця). С. 108-109. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

37. Шатковський А.П., Семенко Л.О., **Мельничук Ф.С.** Застосування інокулянтів і фунгіцидів на сої в умовах зрошення. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції 22.03.13. – К., 2013. – С. 57. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

38. Ретьман С.В., Кислих Т.М., **Мельничук Ф.С.** Захист озимої пшениці від септоріозу листя в Лісостепу України. Всеукраїнська науково-практичної конференції присвяченої 100-річчю з дня народження академіка В. Ф. Пересипкіна «Фітопатологія: Сучасність і майбутнє». – К., 2014. – С. 97-99. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

39. Retman S., Kozub N., Kyslykh T., Shevchuk O., Karelov A., **Melnychuk F.** *Tilletia controversa* JG Kühn on winter wheat in Ukraine. 11th Conference of the European Foundation for Plant Pathology. Healthy plants - healthy people. – Kraków, Poland, 2014. – P. 176. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

40. **Мельничук Ф.С.**, Марченко О.А., Мельничук Л.М. Влияние фунгицидных систем защиты озимой пшеницы на количественные и качественные показатели урожая. Материалы Международной конференции Защита зерновых культур от болезней, вредителей, сорняков: достижения и проблемы. Большие Вяземы, 2016. – С. 423-427. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

41. **Мельничук Ф.С.**, Шатковська К.Б. Особливості моделювання міграції пестицидів в при внесенні з поливною водою на базі моделі PEARL. Матеріали III науково-практичної конференції «Краплинне зрошення як основна складова інтенсивних агротехнологій XXI століття». – К., 2016. – С. 56 – 58. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

Методичні рекомендації

42. Ромащенко М.І., Корюненко В.М., Матвієць О.Г., Сніговий В.С., Копестиренський Й.К., Яцюк З.Ф., Удовенко В.В., Каленіков А.Т., Безрук В.В., Жбанов В.В., Шатковський А.П., Рябков С.В., Усатий С.В., Яцюк В.С., Ромащенко Д.М., Плотникова Т.А., Дячок О.В., Дудинець Ф.Н., Сич З.Д., Хареба В.В., Мацейко Л.М., Кутовенко В.Б., Гунько С.М., Вітанов О.Д., Ящук А.І., Хареба О.В., Лимар В.А., Лимар А.О., Писаренко В.А., Бугаєва І.П., **Мельничук Ф.С.**, Балюк С.А., Башинський В.Л. Технології вирощування овочевих культур при краплинному зрошенні в умовах України (рекомендації). К., ІГіМ УААН., 2006.126 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

43. Ромащенко М. І., Шатковський А. П., Усата Л. Г., Рябков С. В., Черевичний Ю. О., Васюта В. В., Удовенко В. В., Журавльов О. В., **Мельничук Ф.С.**, Усатий С. В., Капелюха Т. А., Семенко Л. О., Балюк С. А., Носоненко О. А., Захарова М. А., Афанасьєв Ю. О., Вожегова Р. А., Писаренко П. В., Люта Ю. О., Онопрієнко Д. М. Методичні рекомендації з проведення польових досліджень за краплинного зрошення / за науковою редакцією М. І. Ромащенка. – Київ, 2014. – 46 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

44. **Мельничук Ф.**, Марченко О., Купедінова Р., Мельничук Л., Ничипорук О., Ретьман М. Рекомендації з технології застосування пестицидів на просапних культурах в умовах краплинного зрошення. К., 2018. 36 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

Статті в інших періодичних виданнях

45. Купедінова Р., **Мельничук Ф.**, Марченко О., Минза Ф. Практические аспекты эксплуатации поливной сети систем капельного орошения. *Овощеводство*. 2017 № 2. С. 62-64. *(Здобувачем проведено*

експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)

46. **Мельничук Ф.**, Алексеева С., Марченко О., Ничипорук О. Захист картоплі від шкідливих організмів. *Овочівництво*. 2018. № 7/8. С. 50-54. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*

47. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексеева С. Захист капусти білоголової від сходів до збирання врожаю. *Овочівництво*. 2018. № 9. С. 34-38. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*

48. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексеева С. Особливості захисту моркви від шкідливих організмів. *Овочівництво*. 2018. № 10. С. 41-45. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*

49. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексеева С., Ємець В. Захист часнику від бур'янів та шкідників. *Овочівництво*. 2018. № 11. С. 46-47. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*

50. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексеева С. Фітофаги цибулі та захист від них. *Овочівництво*. 2018. № 12. С. 47-49. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*

51. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексеева С. Захист цибулі ріпчастої від бур'янів. *Овочівництво*. 2018. № 12. С. 44-46. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*

52. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексеева С. Вітамінна зелень також потребує захисту. *Овочівництво*. 2019. № 1 (164). С. 160-162. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*

53. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексеєва С. Захист зеленних овочевих від фітофагів. *Овочівництво*. 2019. № 1 (164). С. 163-166. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*

54. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексеєва С. Хвороби розсади томатів. *Овочівництво*. 2019. № 2 (165). С. 164-166. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*

55. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексеєва С. Система заходів захисту розсади. *Овочівництво*. 2019. № 2 (165). С. 170-172. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*

56. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексеєва С. Вітамінна зелень також потребує захисту. *Овочівництво*. 2019. № 3 (166). С. 168-172. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*

57. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексеєва С. Шкідники й хвороби спаржі. *Овочівництво*. 2019. № 6 (169). С. 144-146. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*

58. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексеєва С. Захист рослин огірка від шкідливих організмів. *Овочівництво*. 2019. № 6 (169). С. 148-152. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	26
ВСТУП	27
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	33
1.1 Екологічні принципи створення меліоративних систем	33
1.2 Роль пестицидів у сучасному сільському господарстві	38
1.3 Шляхи міграції пестицидів, їх поведінка у навколишньому середовищі	40
1.4 Наслідки впливу пестицидів для природних екосистем та людини	43
1.5 Екологічні ризики пов'язані із застосуванням інсектицидів	48
1.6 Біодеградація пестицидів у ґрунтових та водних системах	57
1.7 Оцінка гострої та хронічної токсичності методами біотестування	67
Висновки до розділу 1	74
РОЗДІЛ 2 УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	75
2.1 Умови проведення досліджень	75
2.2 Матеріали та методи досліджень	81
2.2.1 Моніторинг шкідників та хвороб	81
2.2.2 Оцінка технічної ефективності інсектицидів та фунгіцидів	85
2.2.3 Біотестування з використанням ракоподібних <i>Daphnia magna</i>	94
<i>Straus</i>	
2.2.4 Біотестування з використанням <i>Eisenia fetida</i>	97
2.2.5 Вплив неонікотиноїдних інсектицидів на мікробіом ґрунту	98
2.2.6 Вплив способів зрошення на продуктивність посівів кукурудзи	99
2.2.7 Цитотоксична дія фунгіцидних протруйників на проростки сої	100
2.2.8 Статистична обробка даних	101
Висновки до розділу 2	102
РОЗДІЛ 3 ЕКОТОКСИЧНИЙ ВПЛИВ ПЕСТИЦИДІВ	104
3.1 Вплив неонікотиноїдів на <i>Daphnia magna</i>	105
3.2 Вплив стробілуринів на <i>Daphnia magna</i>	112

3.3 Вплив неонікотиноїдів на <i>Eisenia fetida</i>	115
3.4 Вплив неонікотиноїдних інсектицидів на мікробіом ґрунту	124
3.5 Цитотоксична дія фунгіцидних протруйників на проростки сої	131
Висновки до розділу 3	139
РОЗДІЛ 4 ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСІВ	142
ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ В АГРОЦЕНОЗАХ ЗА ЗРОШЕННЯ	
4.1 Щільність популяцій ґрунтових шкідників на кукурудзі та пшениці озимій	142
4.1.1 Вплив зрошення на розвиток личинок коваликів в посівах кукурудзи	142
4.1.2. Вплив зрошення на розвиток совки озимої в посівах пшениці озимої та кукурудзи	153
4.2 Динаміка чисельності наземної ентомофауни	165
4.2.1 Особливості розвитку стеблового кукурудзяного метелика на кукурудзі за зрошення	165
4.2.2. Вплив зрошення на фітофагів пшениці озимої	170
4.3 Вплив зрошення на фітопатогенний комплекс соняшнику в умовах Лісостепу України	185
4.4 Вплив способів зрошення на продуктивність посівів кукурудзи	195
Висновки до розділу 4	200
РОЗДІЛ 5 ОСОБЛИВОСТІ ВНЕСЕННЯ ПЕСТИЦИДІВ НА	203
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУРАХ ЗА ЗРОШЕННЯ	
5.1 Захист кукурудзи від шкідників за умов зрошення	203
5.1.1 Інсектигація на кукурудзі проти ґрунтових фітофагів	203
5.1.2 Пестигація на кукурудзі проти стеблового кукурудзяного метелика	211
5.2 Пестигація проти шкідників сої	213
5.3. Захист овочевих культур від шкідників за умов краплинного зрошення	215

5.3.1. Контроль чисельності шкідників томатів за умов краплинного зрошення	215
5.3.2 Хімігація капусти білоголової та вплив її на шкідливі організми	220
5.4. Застосування інсектицидів проти шкідників пшениці озимої	225
5.5 Внесення фунгіцидів за умов зрошення	233
5.5.2 Ефективність застосування фунгіцидів на соняшнику за зрошення	233
5.5.3 Застосування фунгіцидів на сої в умовах зрошення	237
5.5.4 Застосування фунгіцидів на кукурудзі в умовах зрошення	238
5.5.5 Застосування фунгіцидів на томатах в умовах зрошення	240
5.5.6 Захист пшениці озимої від хвороб в умовах зрошення	242
5.5.7 Захист моркви від хвороб в умовах зрошення	246
5.6. Подолання резистентності при застосуванні фунгіцидів	250
Висновки до розділу 5	255
РОЗДІЛ 6 ТЕХНОЛОГІЇ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕСТИЦИДІВ В ІНТЕГРОВАНІХ СИСТЕМАХ ЗАХИСТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ	260
6.1. Системи захисту сільськогосподарських культур від шкідників та хвороб за зрошення	260
6.2 Визначення термінів проведення поливу	276
6.3 Економічна ефективність систем захисту сільськогосподарських культур за зрошення	286
Висновки до розділу 6	294
ВИСНОВКИ	297
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	301
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	302
ДОДАТКИ	351

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БТ – біологічний тест

ВЕ - водна емульсія

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я

ВРГ - водорозчинні гранули

ГДК – гранично допустима концентрація

ГТК – гідротермічний коефіцієнт

Д - диспенсер

ДСанПіН – Державні санітарні норми та правила

ДСТУ – Національний стандарт України

ЕРА – Агенство з охорони оточуючого середовища

ІЗТ – індекс загальної токсичності

КЕ - концентрат емульсії

ККС – концентрація клітинного соку

КС - концентрат суспензії

КУО – колонієутворююча одиниця, жива мікробна клітина, здатна утворювати колонію

КШЧ – клоп шкідлива черепашка

ЛК₁₀₀ – летальна концентрація для 100% тест- організмів

ЛК₅₀ – летальна концентрація для 50% тест-організмів

НД – нормативні документи

П – порошок

ПЛП – площа листової поверхні

Р - рідина

СК - суспензійний концентрат

СП - порошок, що змочується.

Ум. од. – умовні одиниці

ФП – фотосинтетичний потенціал

ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу

ВСТУП

Актуальність теми. Зрошення є умовою стабільного виробництва сільськогосподарської продукції, особливо це стосується регіонів із недостатнім та нестійким зволоженням [171]. До таких належить понад 70 % земельних угідь в Україні. Невелика кількість опадів за значного надходження теплових ресурсів призводить до того, що ведення землеробства у південному регіоні перебуває на межі постійного ризику. Відповідно, врожайність культур коливається в широких межах. За таких умов, успішна сільськогосподарська діяльність можлива тільки за рахунок зрошення. Додатковий полив зменшує негативний вплив ґрунтової і повітряної посухи на продукційні процеси культур, оптимізує умови їх вирощування. Встановлено, що врожайність пшениці озимої за додаткового зволоження більше майже у 2 рази, ніж без зрошення, кукурудзи на зерно – у 3,5 рази, соняшника – в 1,8 разів, сої – в 2,7 разів. Це також стосується й інших культур, які вирощуються на півдні України [213]. Перевага зрошення очевидна навіть за мінімального рівня використання агроресурсів, тому воно повинно і надалі залишатися пріоритетним напрямом розвитку сільськогосподарського виробництва у степовій зоні України. Відповідно до положень схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 р. № 688-р «Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року», розвиток зрошення має базуватись на новій техніко-технологічній основі.

У зв'язку зі змінами екологічного фону агробіоценозів зрошуваних земель значно зросла потреба в надійності та ефективності застосовуваних засобів та методів захисту рослин. На сьогодні виникла гостра потреба в оновленні та доповненні матеріалів, що стосуються оцінки фітосанітарної ситуації, а також розуміння процесів, які відбуваються в посівах сільськогосподарських культур. Водночас, здійснення діагностики та моніторингу патогенних організмів є обов'язковою умовою для удосконалення систем захисту, в яких і надалі істотна роль належить хімічним засобам.

Зв'язок роботи з науковими програмами, завданнями, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до тематичних планів Інституту водних проблем і меліорації НААН за завданнями: 04.02.03.04П «Удосконалити технології вирощування просапних і багаторічних культур за краплинного зрошення» (№ ДР 0113U006462, 2013–2015 рр.), 05.02.02.08П «Розробити технологію застосування пестицидів в інтегрованих системах захисту просапних культур за краплинного зрошення» (№ ДР 0116U003983, 2016–2020 рр.), 05.02.02.25ПШ «Встановити стан мікробних ценозів ґрунту на полях фільтрації та визначити можливість управління ними для прискорення швидкості і покращення якості біологічного очищення стічних вод» (№ ДР 0119U001296, 2019 р.).

Мета і завдання досліджень. Мета роботи – одержання нових фундаментальних знань про фітосанітарний стан у посівах сільськогосподарських культур за умов зрошення, вивчення впливу пестицидів на нецільові об'єкти та розробка системи захисту від комплексу шкідників і хвороб в умовах зрошення.

Для досягнення поставленої мети виконували такі завдання:

- оцінити токсичність інсектицидів і фунгіцидів щодо *Daphnia magna* та *Eisenia fetida* як видів-біоіндикаторів;
- дослідити вплив інсектицидів групи неонікотиноїдів на мікробну активність ґрунту;
- визначити вплив фунгіцидних протруйників на динаміку ростових процесів в апікальних меристемах паростків сої;
- встановити сучасний фітосанітарний стан посівів сільськогосподарських культур за зрошення;
- дослідити вплив зрошення на розвиток основних шкідників польових культур, динаміку їх чисельності та структуру домінування комплексів фітофагів в зрошуваних і незрошуваних агроландшафтах;
- відслідкувати можливі зміни, що відбуваються в структурі комплексів фітопатогенів в умовах зрошення;

- оцінити технічну та господарську ефективність пестигації на основних сільськогосподарських культурах;
- обґрунтувати агроекологічні аспекти застосування інсектицидів та фунгіцидів на польових культурах за зрошення;
- розробити систему захисту польових культур від комплексу шкідників та хвороб в умовах зрошення;
- встановити економічну ефективність розробленої системи захисту.

Об'єкт дослідження – системи захисту основних сільськогосподарських культур від комплексу шкідників і хвороб в умовах зрошення.

Предмет дослідження – комплекси шкідників та фітопатогенів основних сільськогосподарських культур; токсичність пестицидів щодо нецільових об'єктів; ефективність заходів захисту в умовах зрошення.

Методи дослідження: польовий – обстеження посівів, аналіз впливу заходів захисту на чисельність фітофагів та розвиток хвороб; визначення ефективності інсектицидів та фунгіцидів проти мікозів; лабораторний – аналіз токсичності інсектицидів; математично-статистичний – оцінка достовірності одержаних результатів, установлення кореляційних зв'язків, розрахунки економічної ефективності системи захисту.

Наукова новизна одержаних результатів. Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, в якому на основі експериментального вивчення впливу різних способів зрошення на формування ентомокомплексів та фітопатоценозів сільськогосподарських культур, дослідження токсичної дії пестицидів, встановлення ефективності різних способів застосування інсектицидів і фунгіцидів та теоретичного узагальнення одержаних результатів розв'язано актуальну проблему – розробку системи захисту основних сільськогосподарських культур від комплексу шкідників і хвороб в умовах зрошення.

Вперше:

- виявлено зміни, що відбуваються в комплексах наземних та ґрунтових шкідників кукурудзи, пшениці озимої за умов зрошення;
- встановлено зміни фітопатоценозу соняшнику за умов зрошення;

- обґрунтовано, що зрошення посівів способом дощування є вагомим чинником в обмеженні чисельності гусениць совок;
- встановлено, що застосування інсектицидів через систему краплинного зрошення для захисту кукурудзи, сої, пшениці озимої, томатів, картоплі та капусти від комплексу фітофагів є перспективним напрямом у захисті рослин і може успішно використовуватись;
- показано відмінності у впливі тіаметоксаму, тіаклоприду та клотіанідину на *Eisenia fetida* і *Daphnia magna*;
- встановлено високу цитотоксичність протруйників на основі карбендазиму, флудіоксонілу, металаксилу-М, флутріяфолу, тіабендазолу, імазалілу до меристематичних клітин сої.

Удосконалено:

- теоретично та методологічно систему застосування інсектицидів та фунгіцидів на кукурудзі, пшениці озимій, сої, томатах за різних способів зрошення;
- метод контролю чисельності гусениць совок способом дощування посівів.

Отримало подальший розвиток:

- наукове обґрунтування використання комбінованої системи захисту сої, кукурудзи та томатів від комплексу фітофагів та фітопатогенів;
- застосування інсектицидів через систему краплинного зрошення в захисті кукурудзи, сої, пшениці озимої, томатів, картоплі та капусти від комплексу фітофагів;
- підходи щодо диференційної чутливості різних штамів *D. magna* до органічних мікрозабруднювачів.

Практичне значення отриманих результатів. Вивчено вплив зрошення на формування ентомокомплексів та фітопатоценозів. Встановлено, що зрошення призводить до трансформації структури комплексів фітофагів, зокрема у личинок коваликів спостерігається домінування видів *Agriotes sputator* L. і *Agriotes obscurus* L., які віддають перевагу зволуженим ґрунтам; на

пшениці озимій збільшується частка клопа шкідливої черепашки, попелиць та трипсів, відбувається зміщення фаз розвитку клопа черепашки на 10–14 днів. Показано, що проведення систематичних поливів протягом вегетації створює оптимальні умови для розвитку патогенних організмів на рослинах соняшнику, з яких домінують септоріоз та фомоз. Встановлено, що зрошення посівів методом дощування знижує чисельність яєць совки озимої та ранніх стадій розвитку шкідника у порівнянні з богаром до 67 %.

Сформульовано критерії добору пестицидів для застосування в системах краплинного зрошення. Доведено, що застосування пестицидів через систему краплинного зрошення є високоефективним проти різних видів шкідливих об'єктів. Встановлено, що за пестигації досягається зниження щільності популяцій ґрунтових шкідників на 80–97,1 %, листогризучих – на 84,8–96,8 %, сисних – на 82,7–97,3 %, подовжується тривалість токсичної дії препаратів, порівняно зі способом обприскування на 10–25 днів. Технічна ефективність фунгіцидів з груп стробілуринів та триазолів проти хвороб листя сої та кукурудзи була на рівні 83–94%, томатів – до 52%, моркви – 53–93%.

Для захисту посівів кукурудзи, томатів та сої від комплексу шкідників та хвороб розроблено комбіновану систему захисту, яка передбачає застосування пестицидів разом з поливною водою та обробку хімічними препаратами протягом вегетації способом обприскування, що дає можливість коригувати строки обробок залежно від фітосанітарної ситуації в посівах і забезпечує приривок врожайності в межах 3–4 % порівняно з іншими способами внесення.

Розроблену систему захисту впроваджено у 2019 році на посівах кукурудзи, сої, томатів в ДП «ДГ «Брилівське» ІВПіМ НААН та у ТОВ «АПК - Артем» на загальній площі 18 га та 12 га відповідно. В усіх випадках отримано позитивні результати як технічної, так і господарсько-економічної ефективності. Прибуток від застосування системи склав від 7019,35 до 58595,76 грн./га залежно від культури.

Особистий внесок здобувача. Здобувачем опрацьовано й узагальнено наукові дані вітчизняних та зарубіжних учених за темою дисертації,

обґрунтовано напрям наукових досліджень, розроблено програми та методики їх виконання, закладено польові дослідження та проведено спостереження, виконано лабораторні аналізи, узагальнено їх результати, підготовлено публікації, впроваджено результати досліджень у виробництво. Основні наукові положення дисертації, висновки і рекомендації виробництву сформульовано здобувачем особисто.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень оприлюднено та обговорено на засіданнях вченої ради Інституту водних проблем і меліорації НААН (2014–2020 рр.), III науково-практичній конференції «Краплинне зрошення як основна складова інтенсивних агротехнологій XXI століття» (Київ, 2016); Міжнародній науково-практичній конференції «Эпидемии болезней растений: мониторинг, прогноз, контроль» (Большие Вяземы, 2017), Міжнародній науково-практичній конференції «Вода для всіх», присвяченій Всесвітньому дню водних ресурсів (Київ, 2019); Науково-практичній конференції з міжнародною участю «Екологічні та гігієнічні проблеми сфери життєдіяльності людини» (Київ, 2019), Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 100-річчю В.Ф. Пересипкіна (Київ, 2014), 11th Conference of the European Foundation for Plant Pathology (Краків, 2014).

Публікації. Результати дисертаційного дослідження викладено у 58 наукових працях, з яких 20 статей у наукових фахових виданнях України, 2 статті у наукових виданнях, включених до WoS, 4 статті у закордонних виданнях, 4 монографії, 1 посібник, 3 методичні рекомендації, 1 деклараційний патент на корисну модель, 14 статей в інших періодичних виданнях, 9 – тез наукових конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 381 сторінці комп'ютерного тексту, вона включає 58 таблиць, 26 рисунків. Містить анотацію, вступ, 6 розділів, висновки, рекомендації виробництву, додатки. Список використаних джерел налічує 461 найменування, у тому числі – 238 латиницею.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Екологічні принципи створення меліоративних систем

Тенденція погіршення стану меліорованих земель і розвиток деградаційних процесів зумовлюють необхідність зниження антропогенного навантаження на агроландшафт при проведенні меліоративної діяльності. Останнім часом значна увага науковців всіх країн направлена на екологічні принципи створення досконалих меліоративних систем, що забезпечують цілеспрямоване кероване сполучення природних процесів, що формуються в результаті меліоративної діяльності при збалансованості потоків речовин і енергії в меліорованих об'єктах [78].

Науковцями виділено наступні основні принципи: принцип перетворення природного об'єкта, адаптації, багатофункціональності, лабільності і замкненості колообігу, застосування яких дозволить забезпечити істотне зниження меліоративної навантаження на агроландшафт. Встановлено, що за високій продуктивності сільськогосподарських угідь можливе зниження екологічної стійкості агроландшафту, що вимагає введення обмежень. Виявлено Функціональний зв'язок між продуктивністю сільськогосподарських угідь і екологічно безпечним продуктивним потенціалом меліорованих земель. Велике значення набуває принцип адаптації меліоративної системи до природних умов: адаптація при збереженні квазістаціонарного стану природної системи або її переклад на більш високий енергетичний рівень [78, 228].

Принципи багатофункціональності, лабільності і замкнутості кругообігу води і органічних речовин забезпечують, крім зниження навантаження, істотну економію матеріальних, водних і енергетичних ресурсів при підвищенні врожайності сільськогосподарських культур. Аналіз розвитку

меліорації і існуючого стану меліоративних систем і меліорованих земель наочно показав несумісність старих технічних підходів, які передбачають отримання максимальної продуктивності будь-якою ціною і нового екологічно орієнтованого підходу до створення і управління меліоративними системами [77,79].

Основною стратегічною метою комплексної меліорації стають, крім підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь і стійкості геосистеми, оздоровлення ландшафту, створення умов для його розвитку, активізація процесів самоочищення; енерго- і ресурсо-збереження. Меліорація земель сільськогосподарського призначення спрямована на максимально можливе використання природно-ресурсного потенціалу агроландшафту за дотримання вимог до його екологічної стійкості та безпеки [77].

Теорія створення меліоративних систем повинна базуватись на нових екологічних принципах. Створення меліоративної системи направлено на докорінне поліпшення природного стану природного об'єкта з метою такого підвищення продуктивності меліорованих сільськогосподарських угідь, при якому у природного об'єкта не порушується саморегуляція. Це забезпечується введенням обмежень на максимальну продуктивність меліорованих земель.

Як відомо, меліоративна діяльність спрямована на формування компенсуючого водного балансу, за якого прибуткові статті (опаді, поверхневий і підземний приплив і т.д.) компенсуються витратними статтями (евапотранспірації, інфільтрація, відтік поверхневих і підземних вод). Заповнити різницю при недостатньому кліматичному зволоженні між випаровуванням та евапотранспірацією можливо перерозподілом поверхневого або підземного стоку шляхом оптимізації зрошувальних систем.

Принцип адаптації за створення меліоративних систем необхідно погоджувати її параметри із структурно-функціональною організацією агроландшафту шляхом вбудовування антропогенних процесів в загальну структуру біотичних і абіотичних процесів природного об'єкта, що можна вважати постулатом коеволюційній концепції сталого розвитку [79, 173]. Цей принцип передбачає активацію агроландшафту або перехід на новий енергетичний стан, за якого змінюються його основні результуючі параметри: продуктивність і стійкість [173]. Новий стан вимагає вкладення додаткової щорічної енергії на підтримку функціонування системи в новому стані. У цьому відмінність комплексної меліорації від адаптивного землеробства, яке спрямоване на мобілізацію природного потенціалу земель при збереженні їх стаціонарного стану.

Наприклад, контурно- меліоративна організація території, яка враховує ґрунтові і рельєфні особливості земельного масиву зберігає сталий стан системи. Гідротехнічні споруди розміщують по контуру рельєфу або з невеликим відхиленням від нього. Іншим прикладом може слугувати концепція оазисного зрошення на базі місцевого стоку або підземних вод. Проте, в такому випадку є можливість швидкої адаптації системи до природного об'єкту, так як оазисне зрошення має такі переваги: можливість дотримання екологічних обмежень і меліоративного режиму, що дозволить звести до мінімуму негативні наслідки

Принцип багатофункціональності. Основне призначення гідромеліоративних систем - водоподача, водорозподіл всередині системи і водовідведення за її межі. Однак для отримання високих і сталих врожаїв потрібна активний вплив на фактори росту і розвитку сільськогосподарських рослин для підтримання сприятливих режимів протягом всього періоду вегетації [222].

У зв'язку з цим перспективно створення багатофункціональних меліоративних систем, які забезпечують суворе дотримання термінів і норм

полива, внесення із зрошуваною водою мінеральних добрив і засобів захисту рослин, регулювання температури, газового складу ґрунту і повітря шляхом використання спеціальних пристроїв, дозаторів для регулювання подачі води, добрив, автоматизації тощо. Одним з напрямків використання таких систем є боротьба з суховіями, засухами і заморозками.

У варіантах, де передбачені поливи в комбінації з дрібнодисперсним дощуванням, система зрошення працює наступним чином: при безнапірному руху води в поливних трубопроводах - через струменеві водовипуски здійснюється поверхневий полив. З запуском водяного насоса при подачі тиску води до 1,2 МПа в роботу включаються розпилувальні насадки дрібнодисперсного дощування [222]. Таким же чином здійснюється режим дрібнодисперсного дощування і в комбінації з крапельним для збільшення обсягів виробництва.

Принцип лабільності. під лабільністю (функціональної рухливості) меліоративних впливів розуміється періодичне проведення меліоративних заходів на певній території або застосування різних меліоративних впливів на агроландшафт. Використання цього принципу дає можливість знизити антропогенне навантаження на агроландшафт. Природний об'єкт, маючи достатню буферну здатність, може самовідновлюватися після зменшення антропогенного навантаження, що дозволяє в ряді випадків обійтися без компенсаторних меліоративних заходів. Для реалізації цього принципу розроблено напівстаціонарних мобільні меліоративні системи, що забезпечують технології циклічного зрошення, які передбачають чергування поливу ділянок землі протягом певного циклу, тривалість якого визначається властивостями ґрунтів, особливостями і технологічними заходами використання земель.

Гідність циклічного зрошення в порівнянні з регулярним зрошенням полягає в зниженні водного навантаження на ґрунт і ґрунтові води, що особливо важливо в зоні нестійкого зволоження. Використання зрошувального

землеробства на основі застосування циклічного зрошення дозволяє майже в 2-3 рази підвищити урожай люцерни, кукурудзи, цукрових та кормових буряків [81].

За відповідного поєднання посівів цих культур послідовно в часі з незрошуваними продуктивними озимими зерновими забезпечує потрібне біологічне дренажування і високий економічний ефект зрошуваних земель. Іншим напрямком використання систем циклічного зрошення є полив стічними водами або водами підвищеної мінералізації. Циклічне зрошення стічними водами тваринницьких комплексів дозволяє не тільки утилізувати стоки, а й збільшувати врожайність сільськогосподарських культур за рахунок використання поживних речовин і мікроелементів в стічних водах без деградації ґрунтового покриву та при отриманні екологічно чистої сільськогосподарської про- продукції.

Подача стічних і природних вод на поля проводиться циклами: протягом 4-х років можна подавати стічні води з нормою внесення стоків до 300 кг / га, а в наступні 2 роки виробляти полив тільки природною водою. Впровадження технології на тваринницькому комплексі «Іскра» дозволило знизити вміст нітратів в рослинницькій продукції з 0,109%, до 0,052% [23].

Принцип замкнутості кругообігу. Ця вимога виходить з того, що меліоративна діяльність - це процес енергомасообміну між природною середовищем і меліоративної системою. Реалізація зазначеного принципу використана при створенні водооборотних гідромеліоративних систем, однак вимога замкнутості накладає на процеси, що відбуваються в системі, визначені обмеження, а на меліоративну систему додаткові вимоги до її конструктивного виконання. Екологічні обмеження накладаються на обсяг забору і якість природних вод на зрошення і обсяг скидання і забруднення дренажних та стічних вод за межі системи [80].

Таким чином, принципи, покладені в основу створення меліоративних систем враховують основні аспекти зниження технологічного

та антропогенного навантаження на агроландшафти. У сфері зрошення це: вдосконалення методів і способів поливу, мінімізація витрат води, внутришньосистемне використання підготовлених дренажних вод, розширення використовуваних вододжерел, оптимізація режимів зрошення і структури посівів.

1.2 Роль пестицидів у сучасному сільському господарстві

Сільськогосподарські рослини в процесі росту і розвитку піддаються впливу ряду несприятливих абіотичних і біотичних факторів. До біотичних факторів належать пошкодження шкідливими гризунами, комахами, кліщами, голими слимаками, нематодами і грибами, бактеріями, вірусами, фітоплазменними організмами, засміченість посівів. Шкідливі організми, харчуючись за рахунок культурних рослин, ускладнюють їх виростання, плодоношення і часто призводять до загибелі. В результаті їх шкідливої діяльності знижуються кількість і якість врожаю [216].

Збільшення середньорічного об'єму валової продукції можливо за рахунок інтенсивних факторів розвитку, впровадження новітніх досягнень науки, техніки тощо. Вирішення проблеми забезпечення населення харчовими продуктами в значній мірі залежить від добре організованої системи захисту рослин [3, 198].

Сучасні сільськогосподарські технології вимагають широкого застосування пестицидів й агрохімікатів. На сьогодні масштаби застосування пестицидів в Україні становлять понад 300 діючих речовин, близько 400 препаративних форм на площах понад 40 млн. га у кількостях понад 36 тис. тонн [112, 226].

Позитивні наслідки використання пестицидів:

- зростання джерел здорової їжі, не забрудненої мікотоксикантами.

Сільськогосподарське виробництво без застосування пестицидів відіграє

незначну роль у забезпеченні населення продуктами харчування, оскільки навіть при їх використанні втрачається до 1/3 за рахунок шкідників;

- пестициди дозволяють контролювати більше 10 000 видів комах, 8000 видів грибів та більше 2000 видів бур'янів [226]. При обмежених земельних ресурсах і можливостях зростання врожайності за рахунок традиційних факторів інтенсифікації (хімізації, механізації, меліорації земель) захист рослин реально допомагає вирішити проблему продовольчої безпеки. В даний час у світовому землеробстві попереджуються втрати від шкідників, хвороб і бур'янів на суму понад 100 млрд доларів (27,6% продукції землеробства) [112].

На сьогодні людство використовує велику кількість різноманітних засобів для захисту рослин. Посилення впливу господарської діяльності людини призводить до збільшенні об'ємів потрапляння пестицидів у відкриті водойми, становлячи серйозну загрозу екосистемі. Головна їх небезпека полягає в тому, що більшість з них мають досить широкий спектр активності, тому їх дія поширюється не тільки на цільових шкідників, а й на весь агроценоз в цілому. Одним з найважливіших побічних наслідків дії пестицидів є розвиток шкідливих резистентних організмів, що потребує внесення ще сильніших препаратів [30, 87].

Надійний контроль якості довкілля тільки хімічними методами практично неможливий, тому що ці методи не завжди чутливі і не дозволяють оцінювати токсичність водойми та води в цілому, до того ж присутність одних речовин заважає визначенню інших, а токсичні сполуки у воді можуть змінюватися, стаючи біль чи менш токсичними [103].

Виходячи з цього важливим показником в інтегральній оцінці середовища виступає ступінь токсичності. Таку інформацію можуть забезпечити методи біотестування, які засновані на використанні біотестів - певних видів живих організмів. Оскільки біотестування може бути використано як для оцінки токсичності зрошувальних вод, так і для

контролю токсичності стічних вод, цей метод знаходить широке застосування в токсикологічному контролі [103].

Забруднення гербіцидами має глобальний характер, оскільки вони передаються трофічними ланцюгами від рослин до тварин, в тому числі і до людини. При цьому, чим вище трофічний рівень, тим в більшій мірі на ньому концентруються гербіциди [30, 209].

Як відомо, гербіциди не тільки забруднюють ґрунти, прямо діючи на педобіотнів, а й самі ґрунти стають причиною забруднення водоймів у результаті змивання з поверхні ґрунту або при міграції по профілю ґрунту з наступним потраплянням до підземних вод, що несе потенційну загрозу для джерел питного водопостачання. Вимивання їх у водойми залежить від їх здатності до деградації та рухливості в ґрунті, що визначається їх молекулярними властивостями. Надходження препаратів збільшується в умовах ерозії ґрунту, що супроводжується виносом адсорбованих на часточка ґрунту пестицидів [112].

1.3 Шляхи міграції пестицидів, їх поведінка у навколишньому середовищі

Існують чотири основних шляхи потрапляння пестицидів у ґрунти. Це післясходова та передсходова обробка посівних площ, змішування з ґрунтами та внесення зі стічними водами. Перші три шляхи найбільш поширені при використанні пестицидів. Пестициди та їх метаболіти потрапляють до рослини шляхом поглинання їх корінням, а також при фоліарному проникненні з повітря. В більшості випадку, першою ланкою міграції пестицидів стає атмосферне повітря, де з атмосферними потоками пестициди переносяться на великі відстані. Проте, провідну роль в міграції пестицидів займають водні потоки.

До складу твердого стоку пестициди потрапляють двома шляхами: за поверхневого змиву з ґрунтовими часточками або сорбуються муловими

частками вже у водоймі. Придонні відкладення є основним резервуаром накопичення стійких органічних забруднюючих речовин, що забезпечує їх тривалу циркуляцію у водних екосистемах. В трофічних ланцюгах їх концентрація різко підвищується: порівняно з вмістом у мулі, в водоростях концентрація зростає в 10 разів, у ракоподібних – в 100 разів, в рибах – в 1000 разів, а в хижих рибах – в 10 000 разів [30]. Акумуляуючись у тканинах промислових видів риб, птахів та тварин, пестициди потрапляють і до організму людини [22, 103, 209].

При будь-якому способу внесення пестицидів використовується вода від 0,5 до 500 л/га (при іригації – до 250 000 л/га) [209, 250, 295]. Вода слугує основним транспортом для міграції пестицидів у навколишньому середовищі. До відкритих водойм вони потрапляють:

- зі стічними водами підприємств, що їх випускають;
- при авіаційній або наземній обробці сільськогосподарських угідь, лісів;
- з дощовими та талими водами внаслідок змиву з сільськогосподарських угідь;
- з водами зрошувальних систем тощо [141].

Окрім описаних шляхів, які фактично не можна відрегулювати, пестициди вносять ціленаправлено у водойми для знищення шкідливих водоростей та комах. Також, у зв'язку зі зростаючою кількістю населення і збільшенням дефіциту питної води, відбувається неконтрольоване вторинне використання води. На сільськогосподарських угіддях для цих цілей забирають воду з найближчих водойм без попереднього очищення. Таким чином, відбувається повторне забруднення води вже внесеними пестицидами [141].

У реальних умовах інтенсивного застосування отрутохімікатів у глобальних масштабах і їх циркуляції в навколишньому середовищі надходження пестицидів має, як правило, регіональний, а стійких препаратів

– глобальний характер [209]. Пестициди здатні мігрувати поверхневим стоком якщо вони розчинні у воді або якщо входять до складу колоїдних часток, які виносяться з ґрунту з вологою. Пестициди, які потрапляють до поверхневого стоку з оброблених полів, не завжди означають забруднення. Проте, якщо поверхневий стік формується поблизу сезонних чи постійних водяних потоків, річок, ставків, озер, пестициди створюють проблему забруднення [3].

Винесення пестицидів з поверхневим стоком найбільш вірогідно під час важких дощів, надлишкової іригації. Круті схили, надмірно зволожені ґрунти та бідний рослинний покрив також сприяють посиленню винесення їх з поверхневим стоком.

Для мінімізації втрат пестицидів через змивання, слід зменшити їх здатність потрапляти в поверхневий стік або зменшити об'єм поверхневого стоку. Досягнення цих цілей можливе шляхом раціонального планування обробки земель пестицидами (попереджувати внесення, якщо очікується дощ), акуратним застосуванням іригації, використання добавок, які посилюють утримування пестицидів на поверхні рослин тощо [141, 295].

Перебуваючи у водоймі, пестициди змінюють органолептичні властивості води, її хімічний склад. Для біоти важливими наслідками впливу ксенобіотиків є зниження вмісту розчиненого кисню, знищення водних комах, пригнічення життєдіяльності гідробіонтів [30, 141].

Поведінку пестицидів у навколишньому середовищі регулюють: властивості пестицидів, кількісний та якісний склад ґрунтової фракції, гідрогеологічні особливості території та кліматичні фактори. Ключовими властивостями пестицидів є: здатність до іонізації у воді, розчинність у воді, летучість, утримування ґрунтами, тривалість життя. Процеси, що визначають долю пестицидів у навколишньому середовищі

- адсорція (зв'язування з мінеральною чи органічною складовою ґрунту);
- перенесення далі у навколишнє середовище;

- розклад [143].

1.4 Наслідки впливу пестицидів для природних екосистем та людини

У момент застосування пестицидів 70-90% їх потрапляє у ґрунт. Залишкові кількості пестицидів пригнічують ґрунтову біоту, спричиняючи негативну післядію на культурні рослини, потрапляють в поверхневі і підземні води [3, 141]. Пестициди при їх виробництві та застосуванні можуть забруднювати повітря виробничих приміщень, атмосферне повітря, ґрунт, стічні та питні води. При різних способах обробки сільськогосподарських культур вони можуть потрапляти в їстівні частини рослин, в організм риб, при обробці худоби і птиці, а також при поїданні худобою корму, що містить пестициди, останні виявляють в молоці, м'ясі, жирі тварин. Багато пестициди здатні довго зберігатися в середовищі проживання людини, потрапляючи з одного об'єкта в інший, перетворюватися у більш токсичні сполуки, потрапляти в організм людини і накопичуватися в ньому [209]. В силу своєї токсичності небезпечні для людини і навколишнього середовища [141, 209, 295].

Пестициди виявляються навіть у тих областях, де їх не використовували, наприклад, в льодах Арктики і Антарктики, жирової тканини пінгвінів. Це пояснюється тим, що вони можуть досягати верхніх шарів атмосфери, переноситися вітром на далекі відстані і з опадами випадати на значній відстані від місця застосування [112].

Біологічна різноманітність є головним критерієм стійкості екосистеми. Під впливом антропогенних факторів відбувається зниження біорізноманіття, збіднення генофонду. Це виявляється у зменшенні чисельності інших видів, на їх зміні, викликаній мутаціями, або їх повним зникненням. Наявність в ґрунтах залишкових кількостей пестицидів у підвищених дозах викликає, в першу чергу, зниження видового

біорізноманіття мікроорганізмів та зникнення окремих, вразливих до їх дії, видів. Забруднення ґрунтів також небезпечно з точки зору зниження продуктивності рослин, оскільки спричиняє додаткове внесення хімічних речовин для їх підтримання [30].

Постійне застосування отруйних хімічних речовин може викликати загибель не тільки шкідливих комах, але і корисних паразитичних, хижих комах, акарифагів та інших корисних організмів, що регулюють чисельність популяції шкідників, що призводить до порушення природних зв'язків організмів у біоценозі. Слід відмітити, що гербіциди можуть мати прямий негативний вплив на продуцентів, але не прямий вплив на травоядних тварин або хижаків. Тим не менш, гербіциди можуть викликати «трофічні каскади», в тому числі непрямих негативних наслідків біомаси травоядних та хижаків [184, 200].

При інтенсивній обробці сільськогосподарських угідь пестицидами та порушенні інструкцій щодо їх застосування спостерігається отруєння птахів, особливо пташенят. У полях і лісах при застосуванні пестицидів гинуть зайці, лисиці та інші теплокровні тварини. Відзначається масова загибель риби: сигів, колюшек, лососів при обробці полів і лісів пестицидами; крім того, препарати накопичуються в тканинах риби і в водній рослинності [22, 42].

У Великобританії за останні роки відбулося зменшення біорізноманіття рослинного світу на 50%, комах – на 33% та птахів – на 25%. Наразі задокументовано більше 100 тис. випадків загибелі птахів, викликані хімічними речовинами. Якщо сучасний рівень біодеградації буде продовжуватися в такому ж масштабі, то до 2050 року прогнозується втрата більше 11% природних екосистем [2].

Близько 80% всіх пестицидів, які щорічно виробляються у світі, використовуються в розвинених країнах, але в них відбувається менше половини всіх смертельних випадків, пов'язаних з дією пестицидів. Більша

частина отруєнь і смертей спостерігається в країнах, які розвиваються, де існують неадекватні стандарти безпеки, низькоякісний захисний одяг, погані установки для миття, не достатній контроль за дотриманням законів, погане маркування пестицидів, неграмотність та недостатність знань про небезпеку пестицидів. Окрім того, середні залишкові концентрації пестицидів у їжі вище у країн, що розвиваються, ніж у розвинених країнах. В цілому, найбільше піддаються дії пестицидів робітники ферми, спеціалісти, використовують їх та населення прилеглих територій [109]. Головні негативні екологічні наслідки використання пестицидів є такими:

- токсичність для тварин та людини;
- вражаються не тільки цільові шкідливі організми, багато корисних видів також, що призводить до порушення взаємозв'язків у біоценозі;
- залишкові кількості пестицидів акумулюються та концентруються в трофічних ланцюгах, де з кожним новим рівнем їх концентрація зростає;
- виносяться за межі оброблюваної території і включаються в регіональні, континентальні та глобальні процеси масообміну;
- з'являються резистентні види організмів, які вимагають більш високих концентрацій пестициду для їх пригнічення;
- зростає вірогідність появи віддалених наслідків [4].

Зниження побічних ефектів може бути досягнуто такими заходами:

- контроль за шкідниками біологічними методами;
- використання стійких до шкідників культур;
- заборона використання стійких та дуже рухомих видів пестицидів;
- заборона використання пестицидів широкого спектру дії;
- покращення техніки використання пестицидів;
- розвиток біотехнологій [18].

Для інтегральної оцінки ступеня токсичності навколишнього природного середовища використовуються методи біоіндикації та біотестування. Останній заснований на використанні біотестів - живих

організмів, виділених в лабораторну культуру [21]. При оцінці якості середовища в лабораторному експерименті враховуються такі показники: виживаність тест-організмів, темпи їх розмноження, інтенсивність життєвих процесів (дихання, травлення, фотосинтез), поведінкові реакції [94]. Основною перевагою застосування методів біотестування є те, що вони, як правило, не вимагають великих площ і дороговартісного устаткування [14]. В даний час біотестування знаходить широке застосування в токсикологічному контролі, так як воно може бути використано як для оцінки токсичності забруднених вод, так і для контролю токсичності стічних вод [14, 21, 85, 94].

Біотестування регулярно використовується:

- при проведенні токсикологічної оцінки промислових, стічних побутових, сільськогосподарських, дренажних, забруднених природних та інших вод з метою виявлення потенційних джерел забруднення;
- у контролі аварійних скидів високотоксичних стічних вод; - для оцінки ступеня токсичності стічних вод на різних стадіях формування при проектуванні локальних очисних споруд;
- у контролі токсичності стічних вод, що подаються на очисні споруди біологічного типу з метою попередження проникнення небезпечних речовин для біоценозів активного мулу;
- при визначенні рівня безпечного розбавлення стічних вод для обліку результатів біотестування при коригуванні та встановленні гранично допустимих скидів речовин, що надходять у водойми зі стічними водами;
- при проведенні екологічної експертизи нових матеріалів, технологій очищення, проектів очисних споруд та ін .;
- при розробці санітарно-гігієнічних та еколого-рибогосподарських ГДК [131].

Тест-організми повинні відповідати таким вимогам:

- особини повинні бути генетично однорідними, щоб забезпечити схожість їх чутливості і резистентності, а також однаковість відповідних реакцій, що гарантуватиме високу відтворюваність результатів тестування;
- функціональна активність тест-організму не повинна мати сезонної періодичності, що дозволить отримувати результати незалежно від пори року;
- повинні мати високий рівень метаболізму, що забезпечить швидкість виникнення у них відповідних реакцій і, отже, експресність методу;
- повинні бути стресостійкі до пов'язаних з процедурою тестування діям: експериментальні камери, проведення необхідних спостережень і вимірів не повинно само по собі викликати у них чітко виражених стресових реакцій.

Відгук біологічної тест-системи повинен бути стабільний, і його рівень повинен бути контрольованим. Найпростішим відгуком біологічної тест-системи є виживання її об'єктів у ході впливу випробуваного фактора. Вважається, що чутливі біологічні тест-системи дають позитивний відгук на вплив. Так, наприклад, дуже чутливі тест-системи, засновані на тому, що біологічний об'єкт уникає впливу екологічного чинника [14]. Один з таких відгуків вибирають як тест-реакцію - закономірно виникаючас у відповідь реакція тест-системи на вплив комплексу зовнішніх факторів, вибраних для аналізу стану цієї системи. Ступінь прояву тест-реакції оцінюється за тест-критерієм. Це показник, на підставі якого здійснюється оцінка зміни тест-системи. За ступенем прояву тест-реакції судять про токсичність досліджуваного об'єкта. По зміні характерного, точно змінюваного показника, що відображає порушення життєво важливих функцій організму, визначають ступінь шкідливості токсиканта [85].

При дослідженні дії токсичної речовини на організм оцінюють його реакцію за одним або декількома показниками. Якщо досліджується сукупність показників, то, зазвичай, загальна чутливість організму

встановлюється по найчутливішому з показників [56]. Надійний контроль якості довкілля тільки хімічними методами практично неможливий, тому що ці методи не завжди чутливі і не дозволяють оцінювати токсичність водоюми в цілому, до того ж присутність одних речовин заважає визначенню інших, а токсичні сполуки у воді можуть змінюватися, стаючи більш-менш токсичними. Проте, біотестування не скасовує систему аналітичних і апаратурних методів контролю природного середовища, а лише доповнює її якісно новими біологічними показниками, так як з екологічної точки зору самі по собі результати визначення концентрації токсикантів мають відносну цінність [3]. Отже, токсичність, встановлювана методами біотестування, є інтегральним показником забруднення природних середовищ. Як і всі інтегральні показники, він має недолік - не розкриває забруднюючі речовини, присутні в пробі, тому результати біотестування не завжди збігаються з даними гідрохімічного аналізу [3, 56, 55].

1.5 Екологічні ризики пов'язані із застосуванням інсектицидів

Неонікотиноїди були розроблені в 1980-х роках, і перша комерційно доступна сполука, імідаклоприд, застосовується з початку 1990-х років [352]. Сполуки є агоністами нікотинових рецепторів ацетилхоліну; вони мають високу афінність до нікотинових рецепторів ацетилхоліну (nAChRs) центральної нервової системи комах, що викликають нервову стимуляцію в низьких концентраціях та блокування рецепторів, параліч і смерть у високих концентраціях. Неонікотиноїди мають значно вищий ступінь зв'язку з nAChRs комах, ніж з такими ж хребетних, тому вони мають значно вищу токсичність для комах [451].

Неонікотиноїди розподіляють на три хімічні групи: N-нітрогуанідини (імідаклоприд, тіаметоксам, клотіанідин та

динотефуран), нітрометилени (нітенпірам) та N-ціаноамідини (ацетаміпрід і тіаклопрід [344]. Вони як правило, токсичні для комах в мінімальних кількостях [441].

Неонікотиноїди легко розчинні у воді та легко поглинається рослинами через коріння або листя та потім транспортуються по всіх тканинах рослини. Це забезпечує багато переваг в боротьбі зі шкідниками, можливість захистити всі частини рослини; наприклад, вони ефективні проти фітофагів. Концентрації в тканинах рослин між 5 і 10 проміле, як правило, вважається достатнім для забезпечення захисту проти комах-шкідників) [273]. Наприклад, у цитрусових дерев, оброблених імідаклопрідом через зрошувальну воду було достатньо 5 проміле у рідинах рослини для боротьби з *Homalodisca coagulata* [273].

У розвинених країнах неонікотиноїди переважно використовуються у вигляді обробки насіння для широкого спектру культур, наприклад, ріпак олійний, соняшник, крупи, буряк та картопля (насамперед імідаклопрід, клотіанідин та тіаметоксам). Наприклад, у Великобританії 91% всіх застосованих неонікотиноїдів у сільському господарстві використовують саме для протруєння. У глобальному масштабі 60% неонікотиноїдів використовуються подібним чином [344].

Однак широке застосування неонікотиноїдів базується й на застосуванні багатьма іншими способами [344]. Їх зазвичай використовують у вигляді позакореневого розпилювання в садівництві, овочівництві, у принадах для домашнього використання проти тарганів та мурах, також як гранульовані формуляції для захисту пасовищ проти шкідників, що населяють ґрунт. Ці сполуки можна застосовувати у вигляді ґрунтового засобу або в зрошувальній воді для захисту багаторічних культур, таких як виноградні лози, і вони можуть бути введені в деревину для боротьби з термітами, де одноразове застосування може забезпечити захист протягом декількох років

[395]. Нарешті, вони зазвичай використовуються в місцевих програмах для домашніх тварин, таких як собаки та коти, для контролю зовнішніх паразитів. Їх перевагами є низька токсичність для хребетних, високатоксичність для комах, гнучкість використання та системна активність. В результаті неонікотиноїди швидко стали одними з найбільш застосовуваних класів пестицидів в усьому світі. Їх сьогодні використовують більше, ніж будь-який інший клас інсектицидів. Вони складають приблизно чверть усіх використовуваних інсектицидів. Препарати даної групи пестицидів зареєстровані та використовуються у більш ніж 120 країнах та мають світовий ринок вартістю приблизно 26 млрд. дол. США, при цьому один імідаклоприд містить 41% цього ринку і є другим за обсягом використання серед всіх агрохімічних речовини у світі [344, 406].

Сучасний підхід до боротьби зі шкідниками передбачає мінімізацію використання хімічних пестицидів через моніторинг популяцій шкідників, максимально використовуючи біологічний та опосередкований вплив, який базується на природному антагонізмі та харчових ланцюгах, застосовуючи хімічні пестициди лише за необхідності та уникаючи препаратів широкого спектру дії та екологічно небезпечних стійких сполук [380]. Економічні переваги неонікотиноїдів базуються на забезпеченні ефективного контролю широкого спектра комах-шкідників [344].

Урожайність з гектара майже всіх орних культур помітно зросла за останні 60 років в результаті багатьох змін, включаючи поліпшення сортів сільськогосподарських культур, широкого використання штучних добрив, впровадження нових агрономічних прийомів та розроблення нових поколінь пестицидів, однак темпи підвищення врожайності сьогодні вже сповільнюються, а збільшення врожайності за останні 20 років у розвинених країнах були скромними, на що впливає в тому числі перехід на органічні технології вирощування сільськогосподарських культур. Зважаючи на

широке використання, опубліковано відносно небагато досліджень щодо порівняння ефективності неонікотиноїдів із альтернативними засобами боротьби з шкідниками [281, 374, 393].

Персистенція неонікотиноїдів передбачає, що від 16 до 20% від діючої речовини поглинається рослинами [442]. З 80–98% діючої речовини в насінні, яка не поглинається ґрунтом та рослинами, невелика частка (<2%) втрачається у вигляді пилу під час посіву [446]. Цього повітряного пилу може бути достатньо, щоб викликати пряму смертність в популяції медоносних бджіл [355, 446]. Набагато більша частина активного інгредієнта, як правило, більше 90%, надходить у ґрунт. Неонікотиноїди водорозчинні й мають період напіввиведення в ґрунті, який сильно різниться серед видів сполук, типів ґрунту та умов застосування. Згідно аналізу доступних даних, діапазон термінів напіврозпаду діючих речовин складає від 28 до 1250 днів для імідаклоприду, 7–353 дні для тіаметоксаму, 148–6931 день для клотіанідину [245]. Період напіввиведення виявляється коротшим для N-ціаноамідинів (тіаклоприд та ацетаміприд) – 3–74 та 31–450 днів відповідно [244].

Наприклад, у дослідженнях проведених у Великобританії, концентрація неонікотиноїдів в ґрунті за результатами досліджень становила від 6 до 18 проміле через один рік після посіву. Після 6 років багаторазового застосування, концентрація в ґрунті після остаточного застосування складала від 18 до 60 проміле, залежно від норми застосування [244].

Дослідження щодо екологічних наслідків використання неонікотиноїдів вказують на те, що у звичайних орних землях біоценоз хронічно піддається впливу концентрацій суміші неонікотиноїдів в межах від 1 до > 100 проміле. Імовірно, що неонікотиноїди із сільськогосподарських ґрунтів через певні шляхи накопичуються в ґрунтовій воді, але відносна важливість цих шляхів не може бути однозначно встановлена виходячи із

існуючих даних. Перш ніж пестициди зв'язуються з ґрунтом, неонікотиноїди легко вилуговуються, що дає можливість прогнозувати значні їх рівні в ґрунтових водах після внесення, особливо під час значних опадів та на певних типах ландшафту [238, 420, 423, 450]. Наприклад Gupta, Gajbhiye, Gupta [328] вилуговували 79% застосованого тіаметоксаму з ґрунту, імітуючи 65 мм опадів улабораторії. Розчинений органічний вуглець, схоже, конкурує з неонікотиноїдами для сайтів сорбції ґрунтів, збільшуючи вилуговування. Відповідно, неонікотиноїди виявлені в підземних водах, потоках, водоймах з дощовими водами та у приливних затоках [256].

Однак неонікотиноїди в той же час не були виявлені в зразках підземних вод та стічних вод, зібраних у районах, де вони застосовуються [245]. Це може бути тому що вони присутні лише на короткий період після застосування і тому, швидше за все, пропускаються більшістю режимів відбору проб, а також тому, що імідаклоприд, клотіанідин і тіаметоксам (але не тиаклоприд і ацетаміприд) швидко руйнується шляхом фотолізу в чистій воді [401]. Багато програм моніторингу води не перевіряють метаболіти неонікотиноїдів, але вони можуть бути настільки токсичними, як і вихідна сполука [413].

Один аспект екологічної долі неонікотиноїдів, важливий для визначення ролі якого в екологічній безпеці застосування цього типу пестицидів, стосується їх поглинання з ґрунту та ґрунтових вод рослинами, які не є цільовими. Враховуючи стійкість і накопичення в ґрунтах, можна передбачити наявність індикаторних рослин та дерев для оцінки динаміки розпаду неонікотиноїдів. Дані про персистенцію неонікотиноїдів щодо нецільових рослин майже не зустрічаються в літературі. Опубліковані дані вказують, що рівні імідаклоприду та тіаметоксаму у цитрусових дерев залишаються достатніми для захисту від шкідників протягом 5 місяців після одноразового застосування [366]. Аналогічно цьому, одноразове

застосування імідаклоприду на кленові дерева захищало їх від комах-шкідників протягом 4 років [395].

Отже, потенціал для нецільової рослинності, що росте поблизу орних культур, забруднених шляхом поглинання корінням, щорічно доповнюється неонікотиноїдним осадженням пилу під час посіву. Це може призвести до хронічного впливу на комах-фітофагів.

Враховуючи масштаби використання неонікотиноїдів, їх стійкість у ґрунтах, вилуговування у водні шляхи та їх системний характер всередині рослин немає жодних сумнівів, що більшість організмів, що мешкають в ґрунті та рослинах, будуть піддані впливу пестицидів.

Багато дослідників вивчали токсичність неонікотиноїдів як для цільових, так і для нецільових організмів, у тому числі ссавців, птахів, риб, комах, ракоподібних, молюсків. Комахи є одними з найбільш чутливих таксонів. Типові значення LD_{50} коливаються від 0,82 до 86,5 нг на комаху, причому варіативність обумовлюється значним різноманіттям розмірів комах. Наприклад, найчутливіший вид важить приблизно 1 мг, хоча найменш чутливий, колорадський жук, *Leptinotarsa decemlineata*, важить приблизно 130 мг, так що значення LD_{50} виражене як нг/мг тіла на вагу аналогічні (0,82 і 0,67 відповідно). Значення LC_{50} (концентрація, яка вбиває 50% особин) для комах варіюється від 0,65 – 44,0 нг. Ця різниця між дослідженнями частково пояснюється відмінностями за тривалістю та кратністю застосування обробок. Наприклад, LC_{50} для метелика *Epeorus longimanus* падає від 21,0 нг за 24 год до 0,65 нг за 96 год [233].

Більшість досліджень оцінюють лише смертність і проводяться в короткі періоди, але зрозуміло, що важливі сублетальні наслідки (такі як пригнічення переміщення та розмноження) викликаються значно меншими дозами. Наприклад, годування німф *E. longimanus* скорочувалося протягом 4 діб після впливу води, що містить 0,1 нг імідаклоприду протягом 24 год [233].

Широке профілактичне застосування неонікотиніодів призвело до того, що деякі шкідники комах розвивають стійкість [337, 444]. Наприклад, Szendrei та ін. [444] описують популяції колорадських жуків із 26-кратним збільшенням стійкості до тіаметоксаму та 100-кратним підвищенням стійкості до імідаклоприду. Перші популяції зі збільшеною резистентністю до імідаклоприду були виявлені в 1998 році - через 3 роки після вживання хімікату проти цього шкідника. З огляду на зростаючу роль неонікотиніодів, стійкість до них у популяції комах в орних екосистемах неминуче призведе до підвищення у видів шкідників, які, як правило, мають велику чисельність та швидку зміну поколінь.

Неонікотиніоди також регулярно застосовуються як позакореневі обприскування на фруктових культурах, таких як малина (головним чином, тіаклоприд), які відвідують як бджоли, так і дикі запилювачі [289, 368]. Використання неонікотиніодів як позакореневих спреїв в садах, де їх рекомендують використовувати для овочів та квітів, забезпечує подальший шлях нараження на небезпеку для запилювачів.

Існує обмежена інформація про фактичні концентрації неонікотиніодів, які містяться в пилку та нектарі оброблених культур [299, 438, 453]. Концентрації в нектарі, як правило, нижче, ніж у пилку. Як правило, більш високі концентрації виявляються при неонікотиніодах, які вносять безпосередньо в ґрунт, наприклад, при зрошенні, що становить від 1 до 23 нг/г в нектарі і від 9 до 66 нг/г в пилку [453].

Найвищі концентрації, зафіксовані в нектарі та пилку, мабуть, є результатом позакореневі програми [292]. Повідомляють про концентрації в пилку від 36 до 147 нг/г для динотефурану та 61 до 127 нг/г для тіаметоксаму при розпиленні на гарбуз, плюс значні концентрації токсичних метаболітів. Концентрації в нектарі були приблизно в 10 разів нижче, від 5 до 11 нг/г для динотефурану і від 6 до 9 нг/г для тіаметоксаму. Враховуючи

пероральне значення LC_{50} для імідаклоприду у медоносних бджіл 5 нг/бджолу [441] та середні значення для оброблених культур, то бджолі потрібно було б споживати майже 1 г пилку або 26 мл нектару для отримання дози LC_{50} . Це здається малоімовірним в короткий термін для медоносної бджоли, яка важить $\sim 0,1$ г, але їх можна легко накопичити протягом декількох днів або тижнів, тому фактичний вплив обробки поля на смертність бджіл, ймовірно, залежатиме від швидкості, з якою неонікотиноїди метаболізуються або виводяться з організму.

Недавній мета-аналіз на основі ряду досліджень впливу імідаклоприду на медоносні бджоли виявив, що рекомендовані для використання дози пестицидів в лабораторних та напівпольових умовах не мали значних летальних наслідків для бджіл. В цілому, в даний час баланс доказів говорить про те, що оброблені культури навряд чи можуть спричинити істотну пряму смертність бджіл [438]. Однак досліджували тільки медоносних бджіл та джмелів. Немає інформації про сприйнятливості до інших запилюючих таксонів, таких як метелики. Хоча немає переконливих доказів для встановлення прямого впливу на смертність у бджіл, є вагомі докази наявності сублетальних ефектів. Вплив сублетальних доз неонікотиноїдів знижує здатність до фуражування та здатність до самонаведення як у медоносних бджіл, так і у джмелів [329, 333].

В Конвенції про біологічне різноманіття, прийнятій у 2002 р., світові лідери зобов'язалися досягти значного скорочення швидкості втрати біорізноманіття. Майже за всіма показниками не вдалося досягти цієї мети [266]. У багатьох країнах, що розвиваються, причини цього зрозумілі: постійні втрати та деградація багатих на види середовища існування. Триваюче зниження біорізноманіття в Європейському Союзі викликає більше занепокоєння, особливо з огляду на реальне збільшення витрат на збереження, зокрем ачерез низку схем створення агросередовища,

призначеного для біорізноманіття на сільськогосподарських угіддях. Незважаючи на це, Великобританія індексує для бджіл, метеликів, молі, карабідних жуків і птахів (групи, для яких є достатній масив даних) загальний спад кількості в останні роки, особливо на сільськогосподарських угіддях [252, 260, 262, 311, 467].

Хоча дані для багатьох таксонів рідкі, схожі постійні спади реєструються по всій Європі [286, 457]. Причини цих спадів залишаються незрозумілими і є предметом постійних дискусій. Наведені дані свідчать про те, що щорічно зростаюче використання неонікотиноїдів може відігравати роль в цьому зниженні. Концентрації, що накопичуються в ґрунті (від 1 до >100 проміле), водних шляхах (часто перевищує 1 нг/л, іноді до 200 проміле), полях (1–9 проміле), нектарі й пилку квіткових культур (1–50 проміле) перевищують рівень, необхідний для боротьби з комахами-шкідниками (5–10 проміле) і перекриваються значеннями LC_{50} для діапазону нецільові комахи. До групи, що піддаються найбільшій небезпеці, ймовірно, належать ґрунтові комахи та безхребетні, донні водні комахи та ракоподібні, а також комахи-запилювачі.

1.6 Біодеградація пестицидів у ґрунтових та водних системах

Персистентність пестицидів сильно варіює залежно від умови навколишнього середовища. Такі фактори навколишнього середовища як рН, температура, вміст вологи, органічних речовин та структура ґрунту та текстура ґрунту впливають на їх деградацію. Більше того, природа пестициду, початкова концентрація та тип складу також впливають на персистентність пестицидів у навколишньому середовищі.

Серед неонікотинної групи пестицидів, імідаклоприд та клотіанідин надзвичайно стійкі з періодом напіввиведення до 3000 та 6931 діб в ґрунті відповідно [322]. Тіаметоксам і ацетаміпрід від помірно до дуже персистентних пестицидів в ґрунті з періодом напіввиведення до 353 та 450 днів відповідно (хоча серед наявних опублікованих значень існує значна розбіжність). Тіаклоприд і тетрагідрофурильні сполуки, такі як динотефуран мають нижчий рівень персистентності та період напіввиведення менше 90 днів у ґрунті [322].

Імідаклоприд та його метаболіти стають з плином часу міцно зв'язані з ґрунтом [279, 280]. Органічні речовини також впливають на сорбцію імідаклоприду та його метаболітів, з підвищенням сорбції, що корелює зі збільшенням вмісту вуглецю в ґрунті [364]. Повідомлення про такі дослідження біодоступності та сорбції для інших неонікотинноїдів відсутні. Загалом, неонікотинноїди менш персистентні у воді, ніж у ґрунті, але імідаклоприд, клотіанідин та тіаметоксам все ж здатні забруднювати як поверхневі, так і підземні води і накопичуватися в харчовому ланцюзі [314, 327, 388, 437, 455].

Неонікотинноїди є системними пестицидами, які поглинаються через листя рослин або коріння і переносяться по тканинах рослин, не є вибірковими по відношенню до шкідників та корисних комах [355]. Серйозні ризики для бджіл та інших запилювачів, як термінові, так і довгострокові,

пов'язані з використанням неонікотиноїдів [336, 448]. На додаток до летальних наслідків, низькі рівні неонікотиноїдних пестицидів негативно діють як на поведінку так і імунну систему медоносних бджіл [232, 333, 465].

Неонікотиноїди причетні до загибелі не тільки медоносних бджіл, але й інших природних запилювачів включаючи метеликів, бабок, диких бджіл, кажанів, мереживниць та сонечок [354]. Крім того, останні повідомлення про зменшення популяцій птахів, особливо комахоїдних птахів, прямо чи опосередковано корелювали зі збільшенням використання цього класу пестицидів [382, 448]. Коли неонікотиноїди використовуються як протруйники насіння, лише від 1,6% до 20% активної речовини поглинається культурою для захисту рослини проти цільових шкідників, тоді як решта забруднює навколишнє середовище [442], що спричиняє несприятливий вплив на ґрунтову мікробну спільноту [384] та популяції дощових черв'яків, земноводних та водних комах [322, 353, 454].

Після дослідження, проведеного Європейським управлінням з безпеки харчових продуктів, виявлені проблеми щодо використання неонікотиноїдів, Європейська Комісія (ЄК) встановила дворічний термін призупинення використання неонікотиноїдних інсектицидів на квітучих культурах таких, як кукурудза, ріпак, соняшник та бавовна, починаючи з 1 грудня 2013 р. Зараз низка інших країн переглядає статус реєстрації та вказівок по використанню неонікотиноїдних інсектицидів. У той час інші публікації досить детально обговорювали екологічну долю неонікотиноїдів [256].

Біодеградація бактеріями може бути широко розділена на дві категорії: біодеградація чистими культурами бактерій та бактеріальними угрупованнями. Бактеріальна біодеградація може бути або катаболічною або кометаболічною, внаслідок чого біодеградація спирається на доповнення додатковими джерелами вуглецю та / або азоту. Метаболіти неонікотиноїдів можуть сильно варіюватися залежно від хімічної будови пестициду та

катаболічної активності мікроорганізму, який піддає деградації, за певної сукупності умов навколишнього середовища [339]. Кілька метаболітів неонікотиноїдів є більш токсичними та стійкими, ніж початкові пестициди.

Щодо імідаклоприду повідомляється, що його здатні розкласти 13 різних чистих бактеріальних культур. В даному аспекті це найбільш широко вивчений неонікотиноїдний пестицид. Найшвидший зафіксований показник бактеріальної біодеградації імідаклоприду в рідкій культурі або суспензії ґрунту становить 2,17 мкг / мл / год., встановлено для чистої бактеріальної культури *Pseudoxanthomonas indica* ізольованої з ризосферного ґрунту [369].

Шляхи розкладання імідаклоприду дуже різноманітні, і деякі метаболіти є більш токсичними та стійкими, ніж вихідний пестицид. Наприклад, найпоширенішими метаболітами імідаклоприду є олефін (ІМІ-VI), 4-гідрокси імідаклоприд (ІМІ-IV) і 5-гідроксиімідаклоприд (ІМІ-V). Обидва 4-гідрокси і 5-гідрокси імідаклоприд спонтанно утворюють олефін (ІМІ-VI), який у 10 разів токсичніший за імідаклоприд для комах і ссавців [389, 440].

Dai et al. [283] повідомляють про перетворення імідаклоприду в метаболіт олефіну (ІМІ-VI) шляхом гідроксилування та дегідрування бактеріальним ізолятом *Stenotrophomonas maltophilia* CGMCC 1.178 у присутності сахарози. Трансформація імідаклоприду *Leifsonia* sp. у присутності глюкози та сукцинату як додаткових джерел вуглецю, виявила утворення метаболітів що гуанідину (ІМІ-III) та сечовини (ІМІ-IV), але нітрозогуанідин не був виявлений як метаболіт [237].

Pandey et al. [396] повідомили про біотрансформацію імідаклоприду та тіаметоксаму під дією *Pseudomonas* sp. 1G у присутності глюкози як додаткового джерела вуглецю. Обидва нітрозогуанідин і батьківська молекула далі перетворюються в метаболіт сечовини (ІМІ-IV) через деснітро / гуанідин метаболіти (ІМІ-III) штамом 1G.

Phugare et al. [403] вивчав кометаболічну деградацію імідаклоприду та визначив, що він перетворювався на 6-хлоронікотинову кислоту (6-CNA) через нітрозогуанідин (IMI-I) та гуанідин (IMI-III) проміжні продукти, ідентифіковані за допомогою газової хроматографії та мас-спектроскопія (GC-MS).

Sharma, Singh і Gupta [425] повідомили, що біодеградація імідаклоприду угрупованням двох штамів *Bacillus* sp. відбувається шляхом утворення 6-CNA та імідаклоприд-нітрозогуанідинових (IMI-I) метаболітів. За дослідженнями Ma et al. [369], біодеградація імідаклоприду відбувалась з утворенням метаболітів олефіну (IMI-VI) та 5-гідроксиімідаклоприду (IMI-V).

Таким чином, кілька шляхів бактеріальної біодеградації імідаклоприду завершуються утворенням 6-CNA як кінцевого метаболіту. Також повідомляється про 6-CNA-мінералізуючу хемолітоавтотрофну бактерію, штам SG-6C [400, 430], припускаючи можливість повної бактеріальної мінералізації імідаклоприду. Sharma, Singh і Gupta [425] досліджували кінетику деградації імідаклоприду для угруповання з двох штамів *Bacillus* sp. в автоклавних та неавтоклавних умовах, з початковими концентраціями які варіюють від 50 до 150 мг/ кг, будуючи криву залишкової концентрації у часі та з використанням максимальних квадратів коефіцієнтів кореляції для визначення найкращої відповідності кривих. Порядок кінетичної швидкості був додатково підтверджений лінійністю ділянок $\log C$ в часі, і проілюстровано, що біотрансформація імідаклоприду не дотримується кінетики першого порядку ні в одній із наведених умов: періоди напіввиведення 16, 14 та 14 днів в умовах автоклаву та 14, 13 та 13 днів у неавтоклавних умовах, були розраховані для імідаклоприду, обробленого в початкових концентраціях 50, 100 та 150 мг/ кг.

Порівняння темпів біодеградації ацетаміпріду бактеріями показує, що *Stentrophomonas* sp. THZ-XP [445] та *Pigmentiphaga* sp. AAP-1 [461]

трансформують ацетаміпрід швидше, ніж інші чисті бактеріальні культури, в результаті чого утворюється N-метил- (6-хлор-3-піридил) метиламін. *Pigmentiphaga* sp. AAP-1 був здатний використати ацетаміпрід як єдине джерело вуглецю, азоту та енергії, хоча й мав при цьому низькі темпи росту [461]. N-деацетильований метаболіт N-метил (6-хлор-3-піридил) метиламін був остаточно ідентифікований з цих бактеріальних культур, але повний шлях мінералізації не повністю встановлений.

Phugare та Jadhav [403] вивчали кометаболізм ацетаміпріду за допомогою *Rhodococcus* sp. BCH2 у присутності як хлориду амонію, так і глюкози як джерел азоту та вуглецю відповідно. Вони виявили утворення N-метил (6-хлор-3-піридил) метиламіну та 6-CNA під час біодеградації ацетаміпріду. Більш детальний кометаболічний шлях ацетаміпріду був запропонований Wang et al. [462], забезпечуючи глюкозу як альтернативне джерело вуглецю для ацетаміпрід-трансформуючої *Pseudoxanthomonas* sp. AAP-7. У цьому випадку, ацетаміпрід гідролітично деметильовали до (E) -3 - (((6-хлоропіридин-3-іл) метил) (метил) аміно) акрилонітрил та N-(((6-хлоропіридин-3-іл) метил) -N-метилпроп-1-ен-2-амін і обидва метаболіти також були перетворені в N-метил (6-хлор-3-піридил) метиламін. Кінетику біодеградації ацетаміпріду визначили для цього штаму бактерій, використовуючи початкові концентрації від 100 до 600 мг/л. Штам був здатен повністю розкласти 100 мг/л протягом 60 год, в той час як при концентраціях 200, 300, 400, 500 та 600 мг/л деградація зменшилась до 95%, 92%, 86,5%, 81,2% і 72,67% відповідно після 60 год інкубації.

Модель субстратного інгібування була використана для опису кінетики деградації ацетаміпріду, прийнятої Chen et al. [277]. Вони знайшли що ацетаміпрід може бути трансформований з максимальною питомою швидкістю деградації, константою напівнасичення та константа інгібування 1,775 / 36 год, 175,3 мг/л та 396,5 мг/л відповідно, що ілюструє, що швидкість деградації ацетаміпріду обмежувалась при високій концентрації.

Подібним чином, Wang et al. [461] описав кінетику деградації ацетаміпріду з використанням бактеріального штаму *Ochrobactrum* sp., який здатний розкласти ацетаміпрід від 0 до 3000 мг/л1 протягом 48 годин. Модель інгібування Haldane була використана для встановлення спеціальної швидкості деградації при різних початкових концентраціях та максимальна питома швидкість деградації ацетаміпріду (q_{max}), константа напівнасичення (K_s) та константа субстратного інгібування (K_i) становили 0,6394 (6 год), 50,96 мг/л та 1879 мг/л відповідно.

Частковий кометаболічний шлях запропонував Yang et al. [471] для біодеградації ацетаміпріду бактеріальним штамом *Pigmentiphaga* sp. D-2. У своєму дослідженні вони виявили три метаболіти за допомогою тандемну мас-спектрометрію та рідинний хроматографічно-мас-спектрометричний аналіз (LC-MS): N - [(6-хлорпіридин-3-іл) метил] -N-метилацетамід (ACE-V), N-ціано-N-метил-N- (піридин-3-ілметил) етанімідамід (ACE-IV) та N-метил (6-хлоро-3-піридил) метиламін (ACEVI). Це дослідження також повідомило про передбачувану ідентифікацію дехлорованого метаболіту вперше в ацетаміпрідній біодеградації, яка базується на LC-MS аналізі і частково підтверджена виділенням хлорид-іонів під час біодеградації.

Zhou et al. [478] успішно продемонстрували, що нітрилгідратазний фермент *Ensifer meliloti* CGMCC 7333 відповідає за біотрансформацію ацетаміпріду до метаболіту N-амідоаміду, який є нестабільним і розкладається, утворюючи хлоровану піридилметилметанамінну сполуку.

E. meliloti CGMCC7333 також здатний трансформувати тіаклопрід до подібного похідного N-карбамоїліміну (імовірно через той самий фермент нітрилгідратази). *Ensifer* sp. SCL3-19 здатний лише трансформувати тіаклопрід [479].

Ця різниця може бути обумовлена структурними відмінностями в будові активного сайту відповідних нітрилгідратазних ферментів цих двох бактерій, що дають можливість отримати розуміння молекулярного механізму

нітрилгідратазного розщеплення як ацетаміпрідних, так і тіоклопрідних інсектицидів [479].

Щонайменше один вид бактерій, *Rhodococcus* BCH-2, продемонстрував здатність перетворювати N-метил- (6-хлор-3- піридил) метиламіну (ACE-VI) до 6-CNA. Як описано щодо біодеградації імідаклоприду вище, Pandey et al. [396] продемонстровано, що принаймні один вид бактерій здатний мінералізувати 6-CNA, забезпечуючи тим самим можливість біодеградаційного розчинення для повної мінералізації ацетаміприду бактеріями.

Zhao et al. [475] вивчали кометаболізм тіаклоприду бактеріальним штамом *S. maltophilia* CGMCC 1.178 у присутності та відсутності сахарози як джерела вуглецю та енергії, і виявили що тіоклоприд був гідроксильований до 4-гідрокситіаклоприду з 10-кратним підвищенням ефективності в присутності сахарози.

Zhang et al. [477] повідомили, що основний шлях біотрансформації тіаклоприду чистою бактеріальною культурою *Variovorax boronicumulans* включав гідроліз N-ціаноїмінової групи з утворенням N-карбамоїліміно груповмісного метаболіту, тіаклоприд-амід (ТНІ-III). Вони також висунули припущення, що основний шлях гідратації біодеградації тіаклоприду був пов'язаний з активністю нітрилгідратази. Це було підтверджено демонстрацією того, що клітини *Escherichia coli* в стані спокою, при експресії ферменту нітрил-гідратази з *V. boronicumulans* здатні біотрансформувати тіаклоприд у тіаклоприд амін (ТНІ-III). Швидкість біодеградації тіаклоприду та тіометоксаму різняться від 0,11 до 2,89 мкг / мл / год. *E. meliloti* CGMCC 7333 здатний перетворити тіоклоприд в амід тіоклоприду більш швидко [313].

Таким чином, тіаклоприд та ацетаміпрід мають спільний шлях біотрансформації із залученням ферментів нітрилгідратази, створюючи

можливість розробки шляхів біодеградації неонікотиноїдів завдяки експресії цього ферменту в бактерії не господарів.

Pandey et al. [396] повідомили, що імідаклоприд-трансформація *Pseudomonas* sp. 1G також можлива при перетворенні тіаметоксаму Нітро група тіаметоксаму була перетворена в метаболіти нітрогуанідину, деснітрогуанідину (ТНХ-II) та сечовини (ТНХ-III) чистими бактеріальними культурами *Pseudomonas* sp. 1G при додаванні 10 мМ глюкози в умовах мікроаерофільного росту. Це дослідження показало, що нітро групи імідаклоприду та тіаметоксама можуть бути перетворені бактеріальними ферментами неспецифічним методом.

Дослідження біодеградація тіаметоксаму, проведене Zhou et al. [477] також підтвердило, що основний метаболічний шлях тіаметоксама включає трансформацію його N-нітроімінової групи (= N-NO₂) до метаболітів N-нітрозимін / нітрозогуанідину (= N-NO, ТНХ-II) та сечовини (= O; ТНХ-III).

Дослідження Zhou et al [480] встановили роль мікробних угруповань та некультуральних мікробів у біодеградації неонікотиноїдів і показали, що такі бактерії можуть відігравати вирішальну роль у швидкому біологічному розкладі пестицидів у ґрунті в умовах *in situ*. Зокрема, дослідження вказували на важливість культивованих бета-протеобактерій, таких як *Comamonadaceae* spp., як для біодеградації тіаметоксама в ґрунті [480] та симбіотичної резистентності до тіаметоксама у комах-шкідників таких як *Bemisia tabaci* [469].

Це свідчить, що мікробні угруповання які розкладають неонікотиноїди, можуть ефективно використовуватися для детоксикації забруднених неонікотиноїдами ґрунтів та водних систем, але складність використання таких угруповань утруднює їх застосування для біоремедіації неонікотиноїдних пестицидів у навколишньому середовищі, без більш детальних знань про бактерії, інші мікроби та задіяні ферментативні процеси.

Як біотичні, так і абіотичні параметри оточуючого середовища можуть мати глибокий вплив на біодеградацію пестицидів бактеріальними ізолятами. Оптимізація цих параметрів є надзвичайно бажаною для успішної біоремедіації в конкретному середовищі, з метою прискорення мікробної активності та функціонування. Ці фактори включають структуру ґрунту, рН ґрунту, аерацію, температуру, стан поживних речовин, хімію ксенобіотичних речовин та їх біодоступність, а також катаболічну активність та об'єми інокулюму деградуючого угруповання. Біоремедіація забруднених пестицидами ґрунтів іноді не дає бажаних результатів через недостатні знання або неналежний контроль біотичних та абіотичних параметрів, необхідних для ростової та деградаційної активності мікробіоти [242, 356].

Hu et al. [338] перевірили вплив різних температур (20°C, 25°C, 30°C, 35°C і 40°C) та рН (5, 6, 7, 8 та 9) на швидкість біодеградації імідаклоприду. Оптимальні умови для деградації були рН 8 і температура 30°C. Shaikh et al. [424] дослідження біодеградації імідаклоприду проводили з чотирма бактеріальними ізолятами при різних температурах (65°C, 25°C і 5°C) і рН (4, 7 і 10) (2014). Для всіх чотирьох імідаклоприд-кометаболізуючих штамів оптимальна ефективність імідаклопридної деградації була виявлена при 25 ° C і при нейтральному рН 7.

Phugare et al. [404] та Phugare and Jadhav [403] повідомили про вплив різних фізико-хімічних показників (температури, рН, початкової концентрації та застосування додаткових джерел поживних речовин) на біодеградацію імідаклоприду та ацетаміпріду з *Klebsiella pneumonia* та *Rhodococcus* sp. відповідно. Вони встановили, що максимальна швидкість біодеградації спостерігалась при нейтральному рН і температурі від 30°C до 35°C. Однак лужні умови виявились дещо сприятливішими для деградація імідаклоприду порівняно з кислими умовами. Дослідження температури показали, що максимум ацетаміпрідної деградації був досягнутий при температурі 35°C. Вони також дійшли висновку, що бактеріальний ріст

пригнічується як в кислотних так і лужних умовах, що призводить до меншого відсотку деградації порівняно з цим показником у нейтральних умовах. Вплив температури на швидкість біодеградації може бути обумовлений ростом мікроорганізмів та ферментативною активністю.

В обох дослідженнях збільшення початкової концентрації пестициду уповільнювало швидкість біодеградації через токсичність субстрату. Вони виявили, що деградація імідаклоприду становила 78,3% при початковій концентрації 50 мг/л, але знижувалась до 9% при початковій концентрації 250 мг/л. Подібним чином, відсоток біологічного розкладу ацетаміпріду становив 85% з початковою концентрацією 50 мг/л, але знижувався до 14% при початковій концентрації 250 мг/л.

Застосування додаткових джерел вуглецю та азоту також суттєво вплинуло на швидкість ацетаміпрідної біодеградації. Дріжджовий екстракт, як джерело вуглецю й азоту, прискорює швидкість деградації, тоді як лимонна кислота знижувала швидкість деградації. Подібним чином, застосування нітрату натрію як джерела азоту пригнічувало деградацію ацетаміпріду.

Yang et al. [471] виділили бактеріальний штам *Pigmentiphaga* sp. D-2, здатний розкласти ацетаміпрід від 0,22 мМ до невизначеного рівня протягом 72 год у рідкій культурі. Встановлено, що цей бактеріальний штам розкладає ацетаміпрід при температурах від 30°C до 45°C і при значеннях рН від 5 до 10. Ці данні чітко вказують на те, що створення оптимальних біотичних та абіотичних умов середовища є дуже бажані для успішної біоремедіації. Внесення ясності навколо метаболічної долі біодеградації імідаклоприду цими та подібними бактеріями є вирішальною для покращення можливостей біоремедіації.

Хоча метаболізм неонікотиноїдів був широко вивчений в декількох біологічних системах, відсутнє глибоке розуміння шляхів біодеградації неонікотиноїдів у ґрунті бактеріями [272]. Хоча про

імідаклопридмініралізуючу бактерію ще не повідомляється, 6-CNA вже був ідентифікований як продукт метаболізму імідаклоприду та ацетаміприду для декількох бактерій. Тому можна припустити, що весь шлях бактеріальної мінералізації хлорпіридинілметилових неонікотиноїдів може проходити через 6-CNA. Хлорпіридинілові неонікотиноїди можуть розкладатися до проміжного продукту 6-CNA шляхом прямого гідроксилювання N-метилену (ще не спостерігалось у бактерій) або шляхом послідовного катаболізму циклічного N нітроімінового фрагменту в імідаклоприді, N-ціаноімінового фрагменту у тіаклоприді, ациклічного N-ціаноімінового фрагменту в ацетаміприді або 2-нітрометилового фрагменту в нітенпіраміді.

Повідомляється про 6-CNA-мініралізуючу хемолітоавтотрофну бактерію, штам SG-6C, що належить до родини *Bradyrhizobiaceae* [400, 430].

1.7 Оцінка гострої та хронічної токсичності методами біотестування

Токсичність - це ступінь прояву отруйної дії різних сполук та їх сумішей, які ушкоджують, інгібують, викликають генетичні зміни або вбивають організми у воді, ґрунті, повітрі. При біотестуванні визначають гостру і хронічну токсичність контрольованих об'єктів для живих організмів. За критерій токсичності приймається достовірна кількісна зміна тест-параметра, на підставі якого робиться висновок про токсичність речовини, води або ґрунту [40]. Токсичні ефекти молекулярно-генетичного та організменого рівнів розглядаються в якості первинних токсичних ефектів, що виникли внаслідок порушень популяційних та екосистемних механізмів [40]. У сукупності чутливість і резистентність тест-організму визначають діапазон токсичності, у межах якого буде можлива її оцінка [114, 198].

Гострий дослід - короткострокова процедура біотестування (з встановленими в кожній методиці часом експозиції), що визначає гостру токсичність по 50% виживаності (смертності) тест-об'єктів. Гостра токсичність проявляється в тому випадку, якщо інтенсивність чинників (агентів) настільки велика, що компенсаторна і адаптаційна здатність організму не встигають проявитися і він гине [55].

Гострі дослідження на токсичність, як правило, являють собою перші випробування, з метою отримання даних про відносну токсичність, що може виникнути з одного або короткочасною впливу. Стандартизовано тести для експозицій оральної, шкірних і інгаляційних. Це первісна оцінка токсичних проявів і є одним з перших дослідів, що проводяться для дослідження всіх нових сполук. Інформація, отримана в ході проведення гострого дослідження може:

- слугувати базою для класифікації та маркування сполуки;
- забезпечити початкову інформацію про режим токсичної дії речовини;
- допомогти визначити дозу нової сполуки;
- визначити LD_{50} [114].

Необхідно пам'ятати, що лише дані про LD_{50} не відображають гострі токсичні властивості з'єднання і не надають достатньо інформації для класифікації з'єднання. Це значення також не має достовірної кореляції з різними механізмами дії різних токсичних агентів. Порівняння істотні лише тоді, коли агенти є гомологічними і мають однакові або подібні механізми дії. Аналіз LD_{50} переводить значення в порівняльну ознаку гострої токсичності для певного агента у певного організму в конкретному віці, статі, певного виду.

Таким чином, основне значення проведення тестування з визначення LD_{50} є порівняльним. Окрім того, визначення обмежене. За сучасними науковими методиками, LD_{50} застаріла, потребує великої кількості тварин, не

забезпечує істотну інформацію про механістичної ефектів або селективних органів-мішеней. Він також обмежений шляхом і тривалостю впливу.

Субгостра токсичність використовується для визначення ймовірної токсичності в ході повторних впливів від декількох тижнів до декількох місяців [132].

Хронічний дослід - довготривала процедура біотестування шляхом впливу на організм протягом значної частини життя (не менше 1/10 тривалості життя). Хронічна токсичність визначається при менш інтенсивному, але більш тривалому впливі токсикантів. При цьому відбуваються порушення рівноваги між розпадом і синтезом речовин в організмі тест-об'єктів, руйнування генома і припинення розмноження [132].

Так, дослідження токсичності проводяться для визначення, які побічні ефекти будуть пов'язані з повторним введенням препарату в більш низьких дозах, ніж ті, які використовуються в рамках досліджень гострої токсичності для визначення безпечних доз. Ці дослідження тривають від 1 до 2 тижнів до 1 до 2 років. Найбільше поширення набули такі дослідження:

1) тест для визначення впливу репродуктивного потенціалу та на майбутні покоління: мета випробовування полягає у визначенні збитку репродуктивного потенціалу та появи майбутніх поколінь, що викликаний введенням випробовуваної речовини протягом багатьох поколінь;

2) тест для визначення тератогенності: мета - введення досліджуваної речовини в вагітних тварин протягом періоду формування внутрішніх органів плоду, і визначення, чи пошкодження народженого плоду було обумовлено випробовуваною речовиною;

3) тест на анцерогенність: метою цього тесту є з'ясування, чи є речовина канцерогенною, коли її вводять тварині безперервно протягом усього терміну спостереження [131].

При проведенні екотоксикологічних контролю водних середовищ передбачається застосування не менше двох методів з тест-організмами з різних систематичних груп і за остаточний результат ступеня токсичності досліджуваної проби приймати той, який отриманий при використанні тестів, що виявили найбільшу чутливість відповідно до принципу врахування пошкодження найбільш слабкої ланки екосистеми [21].

Найбільше поширення за біотестування стічних та природних вод отримали методи з використанням таких тест-об'єктів: найпростіших (інфузорії, джгутикові), кишковопорожнинних (гідри), черв'яків (планарії, п'явки), молюсків (червоногі), ракоподібних (дафнії, гаммаріуси), риб, а також представників різних груп рослин і водоростей [21].

Індикатор повинен мати такі властивості: легко розпізнаватися; бути широко поширеним; мати коротке життя, якого проте було б досить щоб відображати зміни у навколишньому середовищі; малорухомий спосіб життя, щоб репрезентативно представляти локальне забруднення; мешкати у місцях, де накопичуються токсиканти; бути чутливим широкого спектру стресових факторів; накопичувати високий рівень забруднюючих речовин без смерті; бути важливою складовою екосистеми; бути придатним для лабораторних експериментів (легкий відбір зразків та легке збирання) [335].

Дафнії – прісноводні ракоподібні, які задовольняють всім критеріям біоіндикатора, широко використовуються як для оцінки змін навколишнього середовища, так і для визначення впливу токсикантів на водну систему [390, 427].

Вони використовуються не тільки для оцінки токсичності хімічних речовин у водних системах, але також відіграє важливу роль у формуванні регуляторних критеріїв щодо охорони довкілля [427].

Дафнії мають давню історію використання в екотоксикологічних оцінках води (невід'ємна частина біомоніторингу забруднення

навколишнього середовища). Це безхребетне широко використовується у біомоніторингу й дотепер. Звичайний метод біомоніторингу використовує аналізи токсичності (наприклад, тести на гостру або хронічну токсичність) для оцінки токсичності, а також несприятливого впливу отруйних хімічних речовин на дафнію на основі фінотичних кінцевих точок, таких як виживання, ріст і розмноження [308].

Рід дафнії широко поширений в прісній воді і є ключовою ланкою у багатьох водних харчових ланцюгах. Завдяки прозорості тіла дафнії можна візуально спостерігати якість ембріонів, швидкість їх дозрівання, швидкість їх розмноження, а також оцінювати фізіологічний стан (частота серцевих скорочень, кишкове наповнення тощо) об'єкта, що підлягає перевірці. Найбільш універсальним об'єктом випробувань на чутливість і адекватність реакції на різні токсиканти є вид *Daphnia magna* Straus. Він має короткий життєвий цикл і вимагають мінімального простору і обладнання для вирощування і тестування [139].

Грунтові організми першими стикаються з пестицидами. Вперше можливість використання дощових черв'яків як універсальних біопоказників забруднення ґрунту було обговорено в 1980 р. [3]. З того часу *Eisenia foetida* стала основним випробовуваним видом у тестах для оцінки токсичності нових ксенобіотиків та розрахувати ризики негативного впливу забруднюючих речовин на об'єкти навколишнього середовища. *Eisenia foetida* має ряд переваг порівняно з іншими біоіндикаторами: вони швидко розмножуються, легко культивуються в лабораторних умовах і чутливі до антропогенних забруднювачів: пестицидів, важких металів та інших.

Механізми надходження ксенобіотиків в організм дощових черв'яків є різними: споживання з поживним субстратом, поглинання поверхнею шкіри [411].

Дощові черв'яки - репрезентативний вид організмів, який оцінює токсичність та небезпеку пестициди для ґрунтової макрофауни. Випробовуваними видами є черви *Eisenia foetida*. Основний показник гостра токсичність LC_{50} для них глистів визначається загальноновизнаною методологією, описані в керівних принципах ОЕСР [392].

Місце проживання дощових черв'яків - ґрунт. Вони харчуються органічною речовиною, пропускаючи ґрунт через травну систему. Вони покращують структуру ґрунту та підвищують родючість. Пробиваючись крізь проходи, вони змішують і розпушують ґрунт, забезпечують найкращий прохід води і повітря в неї. Поглинають і розкладають органічні залишки, беруть участь у кругообігу речовин у природі та збагачують ґрунт речовини, які можуть засвоюватися рослинами. Збагачують ґрунт органічними речовинами, рухаючи листя, стебла, соломку до нижніх шарів. Знижують кислотність ґрунту, в їх стравоході є вапняні залози. Покриви дощових черв'яків виділяють слиз, який склеює дрібні частинки в ґрунті. Вони запобігають руйнуванню ґрунту і створюють водостійку структуру.

Земляних черв'яків часто використовують для оцінки забруднення ґрунту, оскільки вони поглинають велику його кількість та демонструють здатність накопичувати забруднювачі [381, 435, 470]. Згідно з [361], дощові черв'яки широко використовуються з огляду на їх придатність для оцінки біодоступності багатьох ґрунтових хімікатів через такі фактори:

- Дощові черв'яки живуть на землі і постійно контактують із ґрунтом.
- Вони живуть на забруднених ділянках, і це дозволяє перевірити наявність хімічних речовин на місцях.
- Вони знаходяться в найрізноманітніших ґрунтових горизонтах.
- Епідерміс глистів васкуляризований, але в ньому немає кутикули, і він дозволяє поглинати забруднення прямо з ґрунту.

- Дощові черв'яки поглинають певні фракції ґрунту, і це забезпечує засоби для поглинання забруднювачів.
- Вони мають високу масу тіла, і цей фактор допомагає визначити концентрацію забруднень у оцінюваних осіб.
- Їх фізіологія та метаболізм металів в їх організмах добре відомі. •
Наявність стандартних протоколів тестування.
- Деякі види, такі як *E. fetida*, легко культивувати, їх можна утримувати в лабораторії в контрольованих умовах і вони толерантні до різних типів ґрунтів.

Забруднюючі речовини в ґрунтах мають безпосередній контакт з глиною та з органічними матеріалами, які здатні зв'язуватися з хімічними сполуками та речовинами. Дощові черв'яки контактують із забруднюючими речовинами, коли викопують та поглинають забруднений ґрунт або підстилку; вони також поглинають забруднення з ґрунтового розчину, який проходить через кутикулу. Тож дощові черв'яки можуть отруїтися цими забруднювачами; вони можуть загинути або вижити, включивши або навіть накопичуючи ці забруднюючі речовини в своїх тканинах. Ця здатність може загрожувати їх хижакам, оскільки дощові черв'яки є важливою ланкою в наземному трофічному ланцюзі; вони присутні в раціоні кількох видів тварин [265].

Процедури екотоксикологічних випробувань, проведених з дощовими черв'яками, встановлені національними та міжнародними стандартами. Існують міжнародно визнані стандарти, запропоновані Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO) та Організацією економічного співробітництва та розвитку (OECD). Однак деякі країни мають свої стандарти. Наприклад, у Бразилії NBR 15537 (2014) та NBR ISO 17512-1 (2012) регламентують застосування тесту на дощових черв'яків, проведеного для оцінки гострої токсичності та поведінки відповідно.

Останнім часом летальність та розмноження аналізуються не лише за допомогою випробувань токсичності. Біохімічна відповіді та пошкодження ДНК є доповнюючими підходами до стандартних тестів на токсичність, оскільки вони надають більше інформації про реакції організму на стрес у сумішах [475].

Висновки до розділу 1

Проведено аналіз літературних джерел за темою дисертаційного дослідження. Охарактеризовані шляхи міграції пестицидів в агроценозах та екологічні ризики ,пов'язані з їх застосуванням. Показана доцільність застосування біотестування для оцінки якості екологічного стану екосистем.

Зміни кліматичних умов, що спостерігаються в останні десятиріччя, призводять до все більшого зростання ролі зрошення. Разом з тим, питання пов'язані з особливостями процесів формування ентомокомплексів та фітопатогенів на польових культурах в умовах зрошення лишаються недостатньо вивченими.

На сьогодні виникла гостра потреба в оцінці фітосанітарної ситуації і розуміння процесів, які відбуваються в комплексах шкідливих організмів польових культур за зрошення та розробці систем їх контролю.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Умови проведення досліджень

Дослідження проводилися в 2014-2019 рр. у двох агрокліматичних зонах – Лісостепу України (Київська область, Білоцерківський р-н, с. Шкарівка, ФОП Приймак; Бориспільський р-н, с. Любарці, ФГ «Агротехлаб», ФГ «Король 1996», Черкаська обл., Кам'янський р-н, с. Баландино, ТОВ «Агро Ніка») та зоні Степу України (Херсонська область, ДП «Дослідне господарство «Брилівське» ІВПіМ НААН).

Лісостеп займає третину сільськогосподарських угідь України. За кліматичними умовами західні та східні райони Лісостепу відрізняються між собою. Для західних районів характерна більш м'яка зима, відносно прохолодне літо. Середня температура січня (найбільш холодного місяця) на заході становить $-4..-6^{\circ}\text{C}$, а на сході знижується до $-7..-8^{\circ}\text{C}$. Абсолютний мінімум на сході Лісостепу досягає -41°C . Середня тривалість безморозного періоду на більшій частині території 160-170 днів. В найбільш теплому місяці (липні) в західній підзоні Лісостепу середня температура повітря становить $17-18^{\circ}\text{C}$, а в центральній та східній підзонах – $20-22^{\circ}\text{C}$.

Середня багаторічна сума опадів на території Лісостепу зменшується в напрямку з заходу на схід з 700-550 до 575-500 мм. Приблизно 65% опадів припадає на теплий період року. Окремими роками кількість опадів дуже варіює, нерідко спостерігаються посухи. Кількість днів із суховіями в східних районах досягає 11, а в західних – 1-8.

Сніговий покрив в Лісостепу нерівномірний. Загальна кількість днів із сніговим покривом від 110 на північному сході – до 70 на південному заході. Середня висота снігового покриву на території Лісостепу не перевищує 20-30 см. Погода взимку дуже нестійка, з частими відлигами, іноді серед зими

повністю сходить сніг, температура підвищується до 8°C. При частих відлигах утворюється льодова кірка, що негативно впливає на перезимівлю озимих.

Ґрунти досить різноманітні. Найбільш поширені світло-сірі, сірі та темно-сірі вилугувані чорноземи, чорноземи глибокі, малогумусні та середньогумусні. Досить поширені також змиті ґрунти різних типів, в основному вилугувані [1].

Територія ФГ «Король» та ПП «Фурта» (Бориспільський р-н, Київська обл.) відноситься до Лісостепової Лівобережної природно-сільсько-господарської провінції, Середньо-Дніпровсько-Сеймського природно-сільськогосподарського округу [110].

ДП «Дослідне господарство «Брилівське» розташоване в Сухостеповій зоні й відноситься до Присивашської природно-сільсько-господарської провінції, Присивашського природно-сільськогосподарського округу [110].

В Київській області протягом 2015-2018 рр. агрометеорологічні умови характеризувались істотними відхиленнями від середніх багаторічних показників. Особливо це було помітно в температурному і водному режимах. Всі роки досліджень характеризувались підвищеними температурами за нестачі опадів впродовж вегетаційного періоду.

Особливо екстремальна в цьому плані ситуація склалась у 2015 році. Впродовж всього року відмічалось перевищення середньодобових температур над нормою, яке сягало 5,7°C. Щодо опадів, то початок вегетаційного періоду характеризувався достатнім рівнем зволоження. В березні кількість опадів складала 64 мм, що в півтори рази перевищувало середньобагаторічну. В квітні спостерігалась нестача вологи – опадів випало лише 8,3 мм за норми 43 мм. Щодо травня, зливові дощі у другій його половині забезпечили кількість опадів на рівні 71 мм, що вище середньобагаторічних, та відносну вологість повітря 65%, що було в межах норми.

Літні місяці відзначались як перевищенням температури над середньобогаторічними на 2,4-4,4°C, так і значним дефіцитом вологи. Так, у червні сума опадів склала 17 мм, а у серпні лише 2,3 мм, що було на рівні лише 25% та 3% відповідно від середньобогаторічних значень.

Вполовину менше опадів від норми випало у вересні за температури, підвищеної в середньому на 4,7°C. В жовтні ж погодні показники були в межах норми.

В 2016 році весна була ранньою та теплою – температура була на 1,2-5,7°C вищою порівняно з середньобогаторічними показниками. Також можна відзначити перевищення показників і щодо зволоження. Опадів у березні – квітні випало в сумі 250 мм за норми 141 мм. Особливо дощовим видався травень – в другій та третій його декадах випало відповідно 69 і 63 мм вологи.

Літо видалося теплим та сухим. Середньодекадна температура повітря в цей період досягала 24,8°C. Опадів же випадало вкрай мало. Дефіцит зволоження в червні – серпні становив 29,6-52,8 мм.

Також теплим та посушливим видався вересень. Температура повітря перевищувала норму на 3,0°C за повної відсутності опадів впродовж першої та другої декад місяця та незначної їх кількості наприкінці вересня. Жовтень характеризувався температурним режимом в межах норми та більш ніж вдвічі вищою кількістю опадів.

В 2017 році весна характеризувалась надзвичайно теплим початком. В березні температура перевищувала середньобогаторічну на 6,3°C, а в квітні – на 3,7°C. В першій половині травня відмічені різкі похолодання та заморозками, проте в цілому тепловий режим перевищував середньобогаторічні показники. Опадів у весняний період випало замало. Дефіцит їх складав 12-22 мм.

Літо також було теплим з перевищеннями температури від норми на 1,6-4,3°C. Як і весною, опадів випало менше за середньобагаторічні значення на 13-39 мм.

Початок осені у 2017 році можна охарактеризувати як теплий та сухий. У вересні значення середньодобової температури перевищувало норму в середньому на 3,3°C, а кількість опадів була меншою за норму на 10 мм. Жовтень, як і попереднього року був відносно теплим та вологим. Температура була вищою за середньобагаторічну на 1,8°C, а опади перевищували норму удвічі.

Вегетаційний період 2018 року був досить жарким, з деяким дефіцитом зволоження. В травні середня температура повітря за першу декаду досягла 21,6°C, що перевищило норму на 8,5°C. Однак у другій декаді було прохолодніше, й температура знизилась до 16,1°C, проте до кінця місяця знову спостерігалось істотне потепління й повітря було на 4,8°C теплішим за норму. Кількість опадів при цьому в сумі за місяць була на 28 мм нижчою за багаторічні значення.

Літній період 2018 року також був значно теплішим за норму. Так, у червні перевищення температури повітря над середньобагаторічними значеннями досягало 6,3, у липні – 3,9, а у серпні 5,3°C. Щодо опадів, необхідно відмітити нерівномірне їх випадіння впродовж літнього періоду. Зокрема, у червні, незважаючи на посушливу першу декаду, загальна їх кількість була на рівні середньобагаторічних. У липні, спостерігався невеликий дефіцит опадів, яких було на 12 мм менше норми. В серпні ж посуха продовжилася й посилилася – випало лише 11 мм дощу за місяць.

Таким чином, вегетаційні періоди років проведення досліджень у Київській області можна охарактеризувати як теплі та посушливі.

В Херсонській області в 2014 році температурний режим протягом всього періоду вегетації був вищим за норму. При цьому необхідно відзначити нерівномірність зволоження за загального його дефіциту. Так, у

травні кількість опадів перевищувала норму майже вдвічі. В той же час в квітні, навпаки, їх кількість становила лише половину від середньобагаторічних значень, а у серпні опадів випало лише 0,7 мм.

У 2015 році також спостерігалась тепліша за норму погодна практично протягом всього вегетаційного сезону. Лише квітень був прохолоднішим за норму. В решті ж місяців середньодобова температура повітря перевищувала середньобагаторічні значення на 1,2-4,2⁰С, а загалом за сезон – на 1,8⁰С. Щодо опадів, необхідно відзначити, що цей рік видався вологим – сума опадів за вегетаційний період перевищувала норму на 41 мм. Дефіцит зволоження спостерігався лише у серпні та вересні, коли опадів випало відповідно 7 та 9 мм.

У 2016 році в Херсонській області вегетаційний період, як і попередній, видався теплішим та вологішим за норму. В середньому за сезон температура повітря перевищувала середньобагаторічні значення на 2,3⁰С. Найжаркішими були липень і серпень, коли середньомісячна температура повітря сягала 24,4-24,7⁰С, що вище норми на 3,6 та 2,8⁰С відповідно. Кількість опадів перевищувала норму протягом більшої частини періоду вегетації. Виняток становили лише липень, коли їх випало 25 мм за норми 40 мм та вересень, коли дефіцит опадів склав 9 мм.

У Херсонській області в 2017 році в другій половині березня та на початку квітня було відмічено швидке наростання позитивних температур, що обумовило проведення посівних робіт в більш ранні строки – 15 квітня (кукурудза), 20 квітня (соя), 28 квітня (томати). Однак в подальшому спостерігалось незначне похолодання, температурний режим квітня був нижче середньобагаторічного показника на -0,7⁰С. Початок вегетаційного сезону 2018 року характеризувався теплою та посушливою погодою. Продуктивних опадів в квітні практично не було, а їх загальна кількість в 2017 році (9 мм) в 2,3 рази нижче середньобагаторічної норми, а в 2018 році – 0 мм.

Травень 2017 року характеризувався більш прохолодною погодою – $0,9^{\circ}\text{C}$ від середньорічної норми, однак опадів випало приблизно 116 % від норми. Травень та червень 2018 року були спекотними, за незначного зволоження 12,8 мм та 8,2 мм. Червень 2017 року більш посушливий: опадів випало в 2,1 рази менше норми, а температурний режим – вище на $1,5^{\circ}\text{C}$ за середньобагаторічний показник.

Посушлива погода трималась протягом липня у 2017 році. Середньомісячна температура повітря $+23,5^{\circ}\text{C}$, що на $+2,7^{\circ}\text{C}$ вище середньобагаторічних показників, а продуктивних опадів – 32,6 мм, що в 18,5 % менше норми. Липень 2018 року був жарким за значних опадів які у 2,8 рази перевищували норму.

Найбільш посушливий період 2017 року був в першій декаді серпня: середньодобова температура становила $+28,7^{\circ}\text{C}$ на фоні відсутності опадів та наявності суховіїв. Абсолютний температурний максимум зафіксований 05-07 серпня – $+37,2-37,4^{\circ}\text{C}$. Загалом серпень відмічався посухою: середньомісячна температура була вище кліматичної норми на $+3,2^{\circ}\text{C}$, а опади були відсутні. В серпні 2018 року опади майже в два рази перевищували середньо багаторічні, а температура на $+3,6^{\circ}\text{C}$ була вищою за кліматичні норми.

Посуха продовжувалась в вересні 2017 року і за відсутності опадів і температурному режимі вище на $+5,2^{\circ}\text{C}$ за норму. В вересні 2018 року опадів було менше за норму на 12,4 мм, а температура вища на $+4,4^{\circ}\text{C}$.

За вегетацію рослин кукурудзи, томатів та сої середня температура була вище на $+1,84^{\circ}\text{C}$ (2017 р.) та $+3,3^{\circ}\text{C}$ (2018 р.), а продуктивних опадів поступило менше майже в 2,0 рази або -105,2 мм (2017 р.) та більше на 3,7 мм (2018 р.).

Погодні умови вегетаційних сезонів 2017-2018 рр. були відносно сприятливими для росту та розвитку дослідних рослин, нестача вологозапасів в ґрунті була компенсована за рахунок крапельного поливу.

2.2 Матеріали та методи досліджень

2.2.1 Моніторинг шкідників та хвороб

Моніторинг шкідливих видів комах здійснювали за регулярних спостережень із застосуванням візуальних та інструментальних методів з використанням загальноприйнятих для досліджень в захисті рослин стандартних методик. Динаміка чисельності комах вивчалась при проведенні вибіркового дослідження на всіх стадіях розвитку комах та фазах органогенезу рослин. Спостереження та експерименти проводились із використанням лабораторних, вегетаційних, польових ділянкових та виробничих дослідів за методиками Осмоловського Г.Е., Палія В.Ф., Фасулати С.Р. [146, 148, 207] Вивчення особливостей біології та фенології проводились із використанням методик Добровольського Б.В. [43]

Морфологічні дослідження комах проводили з використанням біноклярів МБС-1, МБС-10.

Для визначення чисельності личинок коваликів проводили щодакдні пошарові розкопування ґрунту на посівах кукурудзи. Розмір облікових ям становив 50x50x60 см. Зібраний ентомологічний матеріал личинок коваликів етикетували, фіксували у 70 %-ому етиловому спирті. Комах визначали до виду за допомогою визначників [47, 49].

Вивчення особливостей біологічного розвитку совки озимої на посівах кукурудзи та пшениці озимої проводили з метою вивчення краплинного та фоліарного зрошення. Розмір дослідних ділянок у польових дослідях складала 28 м², повторність дослідів – 4-х кратна.

Відповідно до циклу розвитку совок і мети обліків на полях сівозміни проводили обстеження восени, навесні та влітку. Навесні контрольними обстеженнями полів, на яких восени було зафіксовано значну кількість зимуючих гусениць, методом ґрунтових обстежень визначали фактичну

чисельність шкідника після перезимівлі та частку його загибелі (внаслідок ураження хворобами, паразитами, впливу низьких температур та ін.).

Влітку проводили розкопування ґрунту під посівами просапних культур з метою встановлення чисельності та шкодочинності гусениць підгризаючих совок першої та другої генерацій.

Для встановлення особливостей екології досліджуваних об'єктів проводили обстеження трьох шарів ґрунту на різну глибину: 0-10 см, 10-20 та 20-30 см. Початок відкладання яєць фітофагами визначали за динамікою льоту метеликів совок. Збір виловлених метеликів проводився у період з травня до вересня.

Якщо впродовж доби в одне коритце потрапляло понад 30 метеликів совок, це було свідченням початку масового льоту шкідників. Крім того, проводили облік відкладених на рослини яєць. На кожному полі з просапними культурами в 10 місцях оглядали в двох суміжних рядках по 5 рослин, або всі рослини на ділянці розміром 50x50 см. Знайдені яйцекладки підраховували і встановлювали їх середню чисельність на 1 м².

Поряд з цим, у 10 місцях поля проводили відбір проб, обчислюючи всі рослини та їх кількість за чотирибальною шкалою:

0 балів – непошкоджені рослини;

1 бал – слабо пошкоджені (на кореневій шийці вигризені невеликі ямки та перегризені окремі черешки листків);

2 бали – сильно пошкоджені (коренева шийка і листки дуже обгризені);

3 бали – рослини повністю загиблі (коренева шийка/вузол кущіння перегризені, рослина зав'яла).

Ураженість сої антракнозом на листі обліковували за наступною шкалою [165]:

0 – рослини здорові;

1- уражені черешки листя і бічні пагони рослин. На черешках оранжеві виразки і тріщини. На бокових пагонах поздовжні виразки;

2 – уражені бокові пагони, на котрих – поздовжні буро-оранжеві виразки (понад 1 см), вкриті слизом, ніжно-рожевим нальотом конідій, що супроводжується викривленнями і переломами пагона, а також відмиранням точки росту. На головному стеблі виразки відсутні або їх розмір до 1 см. На поперечному зрізі стебла помітно ураження, в основному тканин первинної кори;

3 – уражено центральне стебло у вигляді буро-оранжевої виразки, що охоплює до 1/3 його округлості. Ураження супроводжується викривленням. На поперечному зрізі стебла видно глибоке ураження тканин;

4 – виразка глибока, охоплює все стебло. Стебло ламається. Квітоноси деформовані, сильно викривлені, надламані. Цілковита загибель рослини.

Ураженість сої антракнозом на бобах обліковували за наступною шкалою [165]:

0 – ознак ураження немає;

1 – боби на головному і бічних квітоносах розвиваються нормально, з невеликими виразками, що не зникаються, займаючи до 1/4 поверхні бобу. Поодинокі боби деформовані.

2 – половина бобів опадає внаслідок ураження антракнозом. З решти бобів частина деформована. Виразки на них глибокі, великі, до 1 см у діаметрі, займають до 1/2 поверхні бобу;

3 – залишаються поодинокі боби. Виразка займає до 3/4 поверхні бобу.

4 – бобів взагалі немає або вони недорозвинені, всохлі.

Ураження сої септоріозом оцінювали за шкалою [165]:

0 – ознак ураження немає;

1 – слабка ураження, на листках поодинокі плями, що охоплюють не більше 25% поверхні листя;

2 – середнє ураження, плями зливаються і охоплюють до 50% поверхні листя;

3 – сильне ураження, плями зливаються і охоплюють понад 50% поверхні листя;

Ступінь ураження рослин кукурудзи північним гелмінтоспориозом визначали за шкалою (у балах) [165]:

0 – ознак ураження немає;

0,1 – дуже слабе ураження, одна або дві плями на нижніх листках;

1 – слабе ураження, кілька плям на нижніх листках;

2 – легке ураження, помірна кількість плям на нижніх і невелика – на середніх листках;

3 – середнє ураження, помірна кількість плям на нижніх і середніх листках;

4 – сильне ураження, багато плям на нижніх і середніх листках, плями поширюються й на верхні листки. Рослина ще зелена;

5 – дуже сильне ураження, всі листки вкриті плямами й починають всихати.

Ступінь ураження томатів альтернаріозом та фітофторозом визначали за шкалою [163]:

0 - ознак ураження немає;

1 – дуже слабе ураження, дрібні плями на окремих листках;

2 – слабе ураження, окремі плями на не більш як 5% листкової поверхні;

3 – слабе ураження, уражено до 10% листкової поверхні;

4 – середнє ураження, уражено до 15% листкової поверхні;

5 – сильне ураження, майже кожний листок уражений, до 25% листя всохло;

6 – дуже сильне ураження, до 50% листя всохло, початок ураження стебел;

7 – до 75% листків загинуло, прогресує зараження стебел;

8 – рослина загинула.

2.2.2 Оцінка технічної ефективності інсектицидів та фунгіцидів

Польові випробування ефективності інсектицидів за краплинного внесення здійснювали у 2014-2018 рр. в умовах Київської області. Для досліджень використовували препарати згідно схеми досліду (табл. 2.1), переважно не зареєстровані для застосування способом краплинного зрошення в Україні. Дані інсектициди належать до групи неонікотиноїдів, антраніламідів та синтетичних піретроїдів.

Для визначення технічної ефективності інсектицидів проти кукурудзяного метелика внесення препаратів проводили на початку льоту, що припадало на II декаду червня. Розмір ділянки складав 50 м², повторність 4-кратна. Гібрид ПР39Д81 (ФАО 260).

Обліки шкідників, відбір зразків та їх аналізи проводилися згідно загально-прийнятих методик.

Таблиця 2.1

Схема досліду з оцінки ефективності інсектицидів на посівах кукурудзи

Назва препарату	Діюча речовина	Норма витрати препарату, л/га
Контроль	(обробка водою)	
Кораген 20, КС	хлорантраніліпрол, 200 г/л	0,4
		0,6
Ампліго 150 ZC ФК	100 г/л хлорантраніліпрол + 50 г/л лямбда-цигалотрин	0,6
		1,2
Воліам Флексі 300 SC, КС	тіаметоксам, 200 г/л хлорантраніліпрол, 100 г/л	0,15
		0,3
Енжіо, 247 SC, к.с.	тіаметоксам 141 г/л + лямбда-цигалотрин, 106 г/л	0,15
		0,3
Карате Зеон 050 CS, мк.с.	лямбда-цигалотрин, 50 г/л	0,4
		0,6
Актара, 24% к.с.	тіаметоксам, 240 г/л	0,3
		0,6
Каліпсо 480 SC, КС	тіаклоприд, 480 г/л	0,375
		0,5
Борей 20, КС	імідаклоприд, 150 г/л + лямбда- цигалотрин, 50 г/л	0,10
		0,14

Інсектициди застосовували способом краплинного зрошення, залежно від їх фізико-хімічних властивостей (розчинність у воді та рухливість у ґрунті): окремі препарати вводили у першій третині, інші – у другій третині передбаченої для зрошення кількості води. Маточний розчин препарату готували у підключеній до системи зрошення ємкості (200 л) і починали внесення. Після застосування препарату обов'язково промивали систему такою кількістю чистої води, яка дорівнювала об'єму системи в цілому. Виконання цієї умови забезпечувало розподіл на дослідній ділянці повної норми препарату і запобігало накопиченню його невикористаних залишків у системі зрошення [212].

Для досліджень на поматах використовували зареєстровані та не зареєстровані для застосування способом краплинного зрошення в Україні препарати із групи неонікотиноїдів та антраніламідів (табл. 2.2). У дослідях вирощували сорт томатів Лагідний (2016, 2017 рр.), Кременчуцький (2018 р.), норма висадки розсади: 40-45 тис./га. Розмір дослідних ділянок – 28 м² (10x2,8 м), повторність – 4 разова.

Таблиця 2.2

Схема досліду з оцінки ефективності інсектицидів на посівах томатів

Назва препарату	Діюча речовина	Норма витрати	
		краплинне внесення	звичайне обприскування
Конфідор, 20% в.р.к.	імідаклоприд, 200 г/л	0,6	0,25
Моспілан, ВП	ацетаміприд, 200 г/кг	0,1	0,05
Каліпсо	тіаклоприд, 480 г/л	0,5	0,2
Актара, 24% к.с. Актара 25 WG, в. г.	тіаметоксам, 240 г/л тіаметоксам, 250 г/кг	0,25	0,09
Енжіо, 24,7% к.с.	тіаметоксам 141 г/л + лямбда-цигалотрин, 106 г/л	0,3	0,18
Воліам к.е. флексі 300 SC, кс	тіаметоксам, 200 г/л хлорантраніліпрол, 100 г/л	0,5	0,4
Кораген	хлорантраніліпрол, 200 г/л	0,25	0,2

Обліки шкідників, відбір зразків та їх аналізи проводилися згідно з загально-прийнятими методиками. Інсектициди застосовували способом краплинного зрошення у такому порядку: спочатку використовували близько 70-80% передбаченої для зрошування кількості води, потім у підключеній до системи зрошування ємкості (200 л) готували маточний розчин препарату і починали внесення. Після застосування препарату обов'язково промивали систему такою кількістю чистої води, яка дорівнювала об'єму системи в цілому. Виконання цієї умови забезпечувало розподіл на дослідній ділянці повної норми препарату і запобігало виникненню його невикористаних залишків в системі зрошування [212].

Досліди із ефективності інсектицидів при вирощуванні та зберіганні капусти білоголової проводили впродовж 2016-2018 рр. в зоні Правобережного Лісостепу України в умовах Білоцерківської дослідної станції (Київська область) на базі полігону фірми «Сингента», с. Мала Вільшанка.

Дослідження проводили за загальноприйнятими методиками. Інсектицидні обробки проводили згідно схеми, представленої в таблиці 2.3

Таблиця 2.3

Схема досліду з оцінки ефективності інсектицидів на капусті за різних систем поливу

Назва препарату	Діюча речовина	Норма внесення, кг/га (л/га)	
		краплинне	фоліарне
Актара 240 SC, к.с.	тіаметоксам, 240 г/л	0,6	0,07
Воліам к.е. флексі 300 SC, кс	тіаметоксам, 200 г/л хлорантраніліпрол, 100 г/л	1,0	0,3
Проклейм 5 SG, р.г.	емамектину бензоат, 50 г/кг	1,0	0,3
Карате Зеон 050 CS, мк.с.	лямбда-цигалотрин, 50 г/л	0,5	0,1

Дослід закладали на ділянці де вирощували капусту білоголову в попередній рік. Кожен варіант досліду в чотирьох повтореннях із рендомізованим розміщенням. Ширина міжряддя 70 см, відстань між рослинами 40,0 см. Кількість рослин на один варіант – 2640 штук. Довжина рядка 90 м на кожний варіант. Основний обробіток ґрунту включав весняну оранку та дискування. Розсаду капусти білоголової висаджували (механізовано) в першій декаді травня. Перед посадкою проводили внесення ґрунтового гербіциду Трефлан к.е. з нормою 1,1 л/га.

Дослідження ефективності інсектицидів на картоплі проводили умовах Бориспільського району Київської області. Густота садіння культури сорту Зарево становила 55 тис. бульб/га. Глибина загортання бульб у гребнях – 6-8 см. Досліди з оцінки ефективності пестицидів закладали та проводили за загальноприйнятими методиками [29, 165, 204]. Бульби картоплі обробляли за день до садіння, а обприскування рослин проводили у фазу активного росту культури.

Інсектициди проти колорадського жука застосовували при наявності на полях 5% заселених жуками рослин висотою до 10-12 см і 5-10% заселених жуками рослин висотою 15-25 см; більше 10% заселених личинками рослин при чисельності 10-20 особин на кущ в фазу бутонізації або більше 20% заселених личинками рослин після цвітіння.

Обліки шкідників здійснювали у період масового їх розмноження, а також перед обприскуванням. Підрахунок чисельності попелиць проводили при заселенні рослин картоплі крилатими особинами самиць. У контролі та варіантах з обприскуванням відбирали по 1 розвиненому листу середнього ярусу в 15 рослин (на 3-ю, 7-у, та 14-у добу після обробки). Далі листя переглядали під лупою з підрахунком і визначенням особин фітофага. Біологічну ефективність у даному випадку оцінювали за формулою Аббота, щодо зниження чисельності попелиць до контролю.

Для досліджень використовували інсектициди та комбіновані препарати, зареєстровані в Україні на посадках картоплі проти колорадського жука (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Схема дослідів з оцінки ефективності різних систем внесення інсектицидів на посівах картоплі

Назва препарату	Діюча речовина	Норма витрати за способу внесення	
		дощування	краплинне
Конфідор, 20% в.р.к.	Імідаклоприд, 200 г/л	0,20	0,6
Моспілан, 20% р.п.	Ацетаміприд, 200 г/кг	0,05	0,1
Каліпсо, 48% к.с.	Тіаклоприд, 480 г/кг	0,15	0,5
Біскайя, 24% м.д.		0,15	0,5
Актара, 24% к.с.	Тіаметоксам, 240 г/л	0,09	0,25
*Круїзер 350 FS, т.к.с.	Тіаметоксам, 350 г/л	0,3	-
Енжіо, 24,7% к.с.	тіаметоксам 141 г/л + лямбда-цигалотрин, 106 г/л	0,18	0,3
*Престиж, 290 FS, к.с.	імідаклоприд, 140 г/л + пенсікурон, 150 г/л	1,0	-
*Еместо Квантум 273,5 FS, т.к.с.	клотіанідин, 207 г/л + пенфлуфен, 66,5 г/л	0,3-0,6	-
*Селест Топ 312,5 FS, ТН текучий концентрат для обробки насіння	тіаметоксам, 262,5 г/л + дифенокназол, 25 г/л+ флудиоксоніл, 25 г/л	0,5-0,7	-

Примітка: * - препарати вносились методом протруєння бульб.

Оцінка ефективності застосування фунгіцидів на сої за різних систем внесення проводилась сорті Оксана (середньоранній сорт для умов Степу, оригінатор – Інститут зрошуваного землеробства НААН та Інститут кормів і сільського господарства Поділля НААН. Не містить ГМО). Схема посіву на дослідних ділянках 15+15 x 11 см, густина рослин – 605-610 тис. шт./га. Розмір ділянок 100 м² (10 x 10 м), розміщення рендомізоване в чотирьохкратній повторності.

Посів проводили у третій декаді квітня. Попередник кукурудза на крапельному зрошенні, $N_{200}P_{100}K_{120}$.

Добрива вносили одночасно з посівом – локальне внесення нітроамофоски 17:17:17 – 265 кг/га ($N_{45}P_{45}K_{45}$). Протягом вегетаційного періоду – підживлення з поливною водою методом фертигації – $N_{80}P_{35}K_{35}$, + двократна позакореневе підживлення «Plantafol» 20:20:20 – 1,5 + 1,5 кг/га. Запланована врожайність бобів – 6-7 т/га.

Зрошення ділянок проводилось крапельним способом поливу, рівень передполивної вологості – 90-80 % від найменшої вологоємності кореневмісного шару ґрунту (шар – 0-30 см; 0-40 см – по фазам розвитку рослин). Укладка крапельної стрічки – через 3 міжряддя на глибину 2-3 см. Всього за вегетаційний період сої було проведено 35 вегетаційних поливів нормою від 120 до 140 м³/га (зрошувальна норма = 4650 м³/га). Призначення строків вегетаційних поливів проводилось тензометричним методом.

Внесення фунгіцидів проводили на 51-53 та 60-61 етапах за шкалою ВВСН. Схема досліду наведена в табл. 2.5. Обліки хвороб проводили за загальноприйнятими методиками [165].

Таблиця 2.5

Схема досліду з оцінки ефективності різних систем внесення фунгіцидів на посівах сої

Варіант досліду	Норма витрати препарату, л/га
Контроль (без обробки)	–
піраклостробін, 62,5 г/л + епоксоконазол, 62,5 г/л	1,5
азоксістробін 120 г/л + тебуконазол 200 г/л	1,0
азоксістробін 120 г/л + тебуконазол 200 г/л	1,2

Дослідження ефективності фунцидів на кукурудзі проводили протягом вегетаційних періодів 2015-2018 років на рослинах кукурудзи

гібриду ДКС 5276 (ФАО 460, високоінтенсивний гібрид для умов зрошення, оригінатор – «Monsanto» (DEKALB®). Схема посіву 70+70 x 15 см, густина рослин – 95,24 тыс. шт./га. Посів на дослідних ділянках проводили у другій декаді квітня. Перші сходи було відмічено на 7-8-й день. Попередник посівів жито озиме на дощуванні, N₈₀P₇₀K₅₅.

Основне внесення добрив проведено навесні перед посівом N₆₅P₆₅K₆₅, підкормки періодично з поливною водою (фертигація) протягом вегетаційного періоду – N₁₈₅P₇₀K₁₂₅.

Зрошення ділянок проводилось крапельним способом поливу, рівень передполивної вологості – 85-90 % від найменшої вологоємності кореневмісного шару ґрунту (шар – 0-75 см). Укладка крапельної стрічки – через 1 міжряддя на глибину 3 см. Всього за вегетаційний період кукурудзи було проведено 29 вегетаційних поливів нормою від 135 до 165 м³/га (зрошувальна норма = 4400 м³/га). Призначення строків вегетаційних поливів проводилось тензометричним методом. Першу обробку згідно розроблених схем проводили у першій декаді червня, другу – через 14 днів.

Внесення фунгіцидів проводили на 16-18 та 39-42 етапах за шкалою ВВСН. Схема досліду наведена в табл. 2.6. Обліки хвороб проводили за загальноприйнятими методиками [165].

Таблиця 2.6

Схема досліду з оцінки ефективності різних систем внесення фунгіцидів на посівах сої

Варіант досліду	Норма витрати препарату, л/га
Контроль(без обробки)	–
піраклостробін, 62,5 г / л + епоксіконазол, 62,5 г / л	1,5
піраклостробін, 62,5 г / л + епоксіконазол, 62,5 г / л	1,75
азоксістробін 120 г/л + тебуконазол 200 г/л	1,0
азоксістробін 120 г/л + тебуконазол 200 г/л	1,2

Оцінку технічної ефективності фунгіцидів за зрошення проводили на рослинах гібриду Лампо F 1 (високоінтенсивний, детермінантний ранньостиглий гібрид для комбайнової збору, оригінатор – «Nunhems», Голландія). Досліди проводились протягом вегетаційних періодів 2015-2018 років. Схема садіння рослин томатів 152+152 x 20 см, густина рослин – 32,89 тис. шт./га. Розміщення дослідних ділянок 100 м² (10 x 10 м), рендомізовано в чотирьох повторностях. Попередник пшениця озима на дощуванні, N₉₀P₇₀K₆₀.

Основне внесення добрив проводилось навесні перед висадкою розсади в зону рядків в вигляді тукосуміші – N₈₀P₉₀K₆₀, підживлення з поливною водою (фертигація) протягом вегетаційного періоду – N₁₈₀P₆₀K₁₄₀. Запланована врожайність плодів 100 т/га.

Зрошення ділянок проводилось краплинним способом поливу, рівень передполивної вологості – 80-90-75 % від найменшої воголоємності кореневмісного шару ґрунту (0,20 – 0,30 – 0,35 м по фазам розвитку рослин). Всього за вегетаційний період томата було проведено 36 вегетаційних поливів нормою от 80 до 130 м³/га (зрошувальна норма = 3700 м³/га). Призначення строків вегетаційних поливів проводилось тензометричним методом.

Внесення фунгіцидів проводили на 19-23 та 51-53 етапах за шкалою ВВСН за схемою, наведеною в табл. 2.7.

Таблиця 2.7

Схема досліду з оцінки ефективності різних систем внесення фунгіцидів на томатах розсадних

Варіант досліду	Норма витрати препарату, л/га
Контроль (без обробки)	–
піраклостробін, 50 г / кг + метирам, 550 г / кг	2,0
азоксістробін, 250 г/л	0,6

Обліки хвороб проводили за загальноприйнятими методиками [162].

Технічну ефективність (Е, %) препаратів визначали за формулою:

$$E = \frac{K_k - Z}{K_k} \times 100, \quad (2.1)$$

де K_k – вихідна кількість комах у досліді або у контролі, екз.;

Z – кількість комах, що залишилася у досліді або у варіанті, екз.

Розрахунок технічної ефективності інсектицидів проти попелиць проводили за формулою Хендерсона і Тілтона [407], яка враховує зміни чисельності як в дослідному, так і контрольному варіантах:

$$E = 100 \times (1 - O_p K_d / O_d K_p), \quad (2.2)$$

де E – технічна ефективність, виражена відсотком зниження чисельності шкідника з поправкою на контроль;

O_d - число живих особин перед обробкою в досліді; O_p - число живих особин після обробки в досліді;

K_d - число живих особин в контролі в попередньому обліку;

K_p - кількість живих особин в контролі в наступні обліки.

Для розрахунку технічної ефективності за показником зниження пошкодженості генеративних або вегетативних частин рослин застосовували формулу Аббота:

$$E = 100 \times (A - B) / A, \quad (2.3)$$

де E – технічна ефективність, виражена відсотком зниження пошкодженості;

A - показник середньої пошкодженості рослин в контролі;

B - показник середньої пошкодженості рослин на обробленій ділянці.

Для визначення ступеню небезпеки досліджуваних інсектицидів для ентомофагів в польових умовах використовували таку шкалу оцінки: малонебезпечні інсектициди - чисельність ентомофагів досягала її рівня в контролі протягом 7 днів після обробки (1 бал); середньо небезпечні - через 7-14 днів (2 бали); небезпечні - через 15-21 день (4 бали); особливо небезпечні - більше 21 дня (8 балів).

Визначення залишкових кількостей пестицидів проводили в сертифікованій аналітичній лабораторії методом високоефективної рідинної хроматографії (HPLC) на приладі Waters Alliance 2690.

2.2.3 Біотестування з використанням ракоподібних *Daphnia magna* Straus

Методика заснована на визначенні виживання дафній при впливі токсичних речовин, що містяться в тестованій воді в порівнянні з контролем [54].

Короткочасне біотестування (до 96 год) дозволяє визначити гостру токсичну дію води на дафній за показником виживання. Показником виживання служить середня кількість тест-організмів, що вижили в досліджуваній воді по відношенню до контролю за певний час. Критерієм гострої токсичності є загибель 50% і більше, а також хронічної токсичності від 20% до 40% більше дафній за період часу до 96 годин в досліджуваній воді в порівнянні з контролем [56, 54].

Характеристика тест-організму. Дафнії живуть в стоячих і слабопроточних водоймах. На території України *Daphnia magna* широко розповсюджена. Вона є типовим мезосапробним гідробіонтом. Джерелом харчування дафнії в природних водоймах є бактерії, одноклітинні водорості, детрит, розчинені органічні речовини. Інтенсивність споживання корму залежить від його характеру, концентрації в середовищі, температури, віку рачків тощо. Процес харчування дафній безпосередньо пов'язаний з рухом грудних ніжок, що направляють струм води всередину панцира (своєрідна фільтрація кормових частинок з води) [54].

Інтенсивний водно-сольовий обмін (більше 80% води рачок замінює менш ніж за 2 хв) сприяє підтриманню постійного осмотичного тиску всередині панцира і збереженню форми тіла. Тому при погіршенні стану

дафній тіло часто деформується, що можна вважати ознакою порушення водно-сольового обміну.

Утримання культури і годування. Вихідний матеріал для лабораторної культури дафній можна отримати в установах, що мають спеціалізовані лабораторії біотестування вод. Якщо цей вид зустрічається в місцевих водоймах, то відловивши дафній планктонним гідробіологічним сачком, можна самостійно виростити культуру рачка в лабораторних умовах.

Вирощують культуру дафній в клімотостаті, боксі або в приміщенні, що не містить токсичних парів або газів. Оптимальна температура для культивування і біотестування становить $20\pm 2^\circ\text{C}$, освітленість 400-500 лк при тривалості світлового дня 12-14 год. Для культивування дафній використовують штучно приготовлену воду, згідно з ДСТУ 4174: 2003. Допускається також використання природної води з екологічно чистих водойм. Вода для культивування повинна відповідати таким вимогам: величина рН - 7,0-8,2; жорсткість загальна 3-4 мг екв/дм³; концентрація розчиненого кисню не менше 6,0 мг/дм³. Кормом для дафній служать зелені водорості (хлорела або сценедесмус) та хлібопекарські дріжджі.

Методика біотестування. Перед початком біотестування в пробі води визначають концентрацію розчиненого кисню, яка не повинна бути менше 6,0 мг/дм³. Якщо цей показник нижче, то воду аерують за допомогою мікрокомпресора. Біотестування проводять в клімотостаті або боксі при оптимальному температурному і світловому режимах. Результати біотестування вважаються достовірними, якщо за весь період спостережень загибель дафній в контролі не перевищувала 10%, а концентрація розчиненого кисню в кінці біотестування становила не менше 2 мг/дм³.

Для проведення біотестування в ємності по 0,1 дм³ наливають контрольної і води, що тестується, дотримуючись трикратної повторності. У кожній посудині за допомогою пластикової піпетки з діаметром 0,5-0,7 мм

поміщають по 10 однодобових дафній і експонують при оптимальних умовах протягом часу до 96 годин. При короткочасному біотестування дафній не годують [54].

Облік дафній, що вижили, проводять через 1, 6, 24, 48, 72 і 96 год. Особин вважають, такими що вижили, якщо вони вільно пересуваються в товщі води або спливають із дна склянки не пізніше 15 секунд після легкого похитування. Якщо в будь-який період часу в тестованій воді гине 50 і більше відсотків дафній, біотестування припиняють.

Характеристики похибки вимірювань. Межі, в яких знаходиться відносна похибка визначення токсичності за даною методикою з заданою довірчою ймовірністю $P = 0,95$, складають $\pm 66\%$. Найбільше можливе значення середнього квадратичного відхилення випадкової складової відносною похибки визначення токсичності за даною методикою σ (δ) становить 34%. Характеристики похибки встановлені за результатами внутрішньолабораторного експерименту з використанням еталонної речовини - калію біхромату ($K_2Cr_2O_7$).

Для визначення придатності культури дафній для біотестування встановлюють середню летальну концентрацію розчину еталонної речовини - калію двухромовоокислого ($K_2Cr_2O_7$) за 48 год біотестування (LK_{50} за 48 год). Для цього готують вихідний розчин $K_2Cr_2O_7$ з концентрацією 1 г/дм³, використовуючи дистильовану воду. Далі з вихідного розчину готують серію розчинів з концентраціями $K_2Cr_2O_7$ від 0,5 до 4,0 мг/дм³ з інтервалом 0,5 мг/дм³, використовуючи воду для культивування (дослідження). Контролем слугує вода для культивування. Біотестування цих розчинів проводять тривалістю 48 год. Якщо отримана величина LK_{50} за 24 год знаходиться в експериментально встановленому діапазоні реагування тест-об'єкта, який дорівнює 0,9-2,5 мг/дм³ $K_2Cr_2O_7$, культура дафній придатна для біотестування [56, 54].

Якщо ЛК₅₀ за 48 год не знаходиться в зазначеному діапазоні реагування, перевіряють умови культивування тест-об'єкта, при необхідності культуру замінюють.

2.2.4 Біотестування з використанням *Eisenia fetida*

Дослідження проводили використовуючи земляні черв'яки *Eisenia fetida* відповідно до Інструкції ОЕСР по проведенню досліджень хімічних речовин / Розділ 2: Вплив на біотичні системи, тест № 207: Земляні черв'яки, тест на гостру токсичність [392] та методик визначення гострої токсичності препаратів для земляних черв'яків. Методики засновані на визначенні виживання і поведінкових реакцій земляних черв'яків під впливом токсичних речовин, що містяться в тестованому ґрунті в порівнянні з контролем [196, 197, 392, 411].

Для визначення ЛК₅₀ гострої токсичності діючих речовин для дорослих земляних черв'яків *Eisenia fetida* використовували дорослих особин з добре сформованим пояском (клітелюмом) масою 300-500 мг. В дослідях використовували лабораторну популяцію земляних черв'яків, отриману в результаті регенерації і послідуєчого розмноження однієї початкової особини, що дало можливість отримати генетично однорідну популяцію.

Перед початком експерименту тварин утримували протягом 24 годин в субстраті, зволоженому дистильованою водою, потім швидко відмивали, надлишок води адсорбували фільтрувальним папером і поміщали на поверхню субстрату, який тестується. Тварин утримували в скляних банках, закритих перфорованою плівкою, при температурі 18-22⁰С. Досліди проводили в трикратній повторності для кожної дози діючої речовини і контролю.

Для визначення гострої токсичності діючих речовин земляних черв'яків *Eisenia fetida* утримували в штучному ґрунті (пісок, глина, торф'яний мох, СаСО₃), обробленому різними діючими речовинами і різними

їх дозами. Для кожної діючої речовини і для кожної її дози в експерименті та в контролі використовували по 10 черв'яків. Досліди ставили в трьох повтореннях. В контролі базовий субстрат зволожували дистильованою водою.

Спостереження проводили протягом 14 і 28 діб. Упродовж експерименту проводили спостереження за загальним станом тварин, їх рухливістю, реакцією на подразнення, тобто поведінковими реакціями. Показником поведінкових реакцій тест-об'єктів є швидкість заривання в субстрат. Критерієм токсичності є відсутність заривання земляних черв'яків в тестований ґрунт, активне повзання по поверхні і спроби до виповзання з ящика (avoidance test). Черв'яків вважали загиблими, якщо вони не реагували на м'яке механічне подразнення на фронтальному кінці тіла.

ЛК₅₀ розраховували за формулою :

$$\text{ЛК}_{50} = \frac{(a - b) \times (50 - B)}{A - B} + b, \quad (2.4)$$

де А - смертність вище 50,0% а - доза, яка викликає А

В - смертність нижче 50,0% в - доза, яка викликає В

2.2.5 Вплив неонікотинοїдних інсектицидів на мікробіом ґрунту

Відбір проб ґрунту проводився в умовах Лісостепу України на дослідних ділянках у ФГ «Агротехлаб» (с.Любарці Бориспільського р-ну Київської обл.) протягом 2019-2020 рр. на гібриді соняшнику Неома. Вегетаційні поливи соняшнику проводили із застосуванням методу дощування: перший - перед утворенням зачатків суцвіття, у фазі 2-3 пар листків, другий – на початку утворення кошиків, третій - на початку цвітіння, четвертий і п'ятий – у період наливання насіння. Рівень передполивної вологості – 70-80% НВ.

Застосовували бактеріологічні загальноприйняті методики виділення, ідентифікації та культивування мікроорганізмів ґрунту [101].

Отримані дані проаналізовані двофакторним аналізом. Вивчення впливу пестицидів проводили з використанням методу аналізу компонент (РСА), який дозволяє визначити найважливіші екологічні показники ґрунту.

2.2.6 Вплив способів зрошення на продуктивність посівів кукурудзи

Дослідження проведено на землях Кам'янсько-Дніпровської дослідної станції ІВПіМ НААН упродовж 2018 – 2020 рр. Вивчали три способи зрошення: дощування (шланго-барабанна ДМ – IRTEK 43FVT/120), краплинне зрошення та підґрунтове краплинне зрошення з укладанням поливних трубопроводів (ПТ) на глибину 25 см. Умовним контролем був варіант без зрошення. Дослідження проводили за загальноприйнятими методиками: розміщення ділянок – систематичне, повторність – чотириразова, площа облікових ділянок – 30 м² [25, 166], гібрид кукурудзи – ДКС 5276 (ФАО 460). Джерело зрошення – свердловина з мінералізацією води від 0,76 до 1,14 г/дм³ (II класу якості за ДСТУ 2730).

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем звичайний середньосуглинковий, щільність складення – 1,35–1,50 т/м³, НВ кореневого шару – 18,8 %, реакція ґрунтового розчину – близька до нейтральної. Рівень передполивної вологості, який підтримували в досліді – 80 % від НВ, розрахунок поливних норм та контроль вологозапасів – відповідно до рекомендацій [166]. Моніторинг вологозапасів здійснювали за допомогою цифрової інтернет-станції вологості ґрунту iMetos ECO D2.

З огляду на технологічну специфіку підґрунтового краплинного зрошення, сходи рослин на цьому варіанті отримували за рахунок природних вологозапасів ґрунту. Площу листової поверхні (ПЛП) визначали за методикою А.О. Ничипоровича, урожайність – обліковим методом. Фотосинтетичний потенціал (ФП, млн. м² х діб/га) посівів розраховували,

виходячи із суми величини ПЛП на один гектар посівів за кожен день протягом всього вегетаційного періоду. Чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) розраховано як приріст загальної біомаси рослин за певний проміжок часу відносно показника середньої ПЛП за цей самий період за формулою Уільмса – Уотсона.

2.2.7 Цитотоксична дія фунгіцидних протруйників на проростки сої

Для перевірки генотоксичної дії на насіння та проростки сої були випробувані наступні протруюючі суміші: каптан, 350 г/л + карбендазим, 150 г/л (Кілате ТН); флудіоксоніл, 25 г/л + металаксил-М, 10 г/л (Максим ХЛ 035 FS, ТКС); флутріафол, 37,5 г/л + тіабендазол, 25 г/л + імазаліл, 15 г/л (Вінцит Форте КС); піраклостробін, 200 г/л (Стаміна ТН).

Проби для лабораторного аналізу відбирали згідно ДСТУ 2240-93. Для цього з середньої проби відбирали 100г насіння сої сорту Аннушка з кожної партії в трьохкратній повторності. В стерильних чашках Петрі на фільтрувальному папері замочували по 100 насінин в досліджуваних розчинах протруйників в відповідних концентраціях згідно схеми досліджень (табл. 2.8).

Таблиця 2.8

Схема дослідження з оцінки цитотоксичної дії фунгіцидних протруйників на проростки сої

Варіант дослідження	Норма витрати препарату, л/т
1. Контроль	–
2. Каптан, 350 г/л + карбендазим, 150 г/л	2,5
3. Флудіоксоніл, 25 г/л + металаксил-М, 10 г/л	1,0
4. Флутріафол, 37,5 г/л + тіабендазол, 25 г/л + імазаліл, 15 г/л	1,0
5. Піраклостробін, 200 г/л	0,5

За контроль були взяті насінини оброблені дистильованою водою. Пророщування проводили при природному освітленні і лабораторній

температурі 24-26⁰С. Енергію проростання та схожість визначали за ГОСТом 12038-84, енергію проростання через три дні після закладання досліду, схожість - на сьому добу досліду. Визначали біологічну ефективність дії протруйників на основі обліків ураженості паростків дослідних об'єктів. Ідентифікацію патогенів проводили за характерними ознаками ураження насінин і мікроскопічним аналізом за допомогою мікроскопу "Ulab".

Оцінку дії протруйників на проліферативну активність меристематичних клітин паростків сої проводили на верхівках пророслих паростків довжиною 10мм. В контрольному варіанті використовували дистильовану воду. Тривалість пророщування визначалась появою перших мітозів яка становила 70 годин. Для цитогенетичного аналізу верхню частину паростка фіксували в суміші льодяної оцтової кислоти і 96%-го етилового спирту (1:3) протягом 24 годин. Тиснені тимчасові препарати забарвлювали ацетокарміном і вивчали під мікроскопом в 45%-вій оцтовій кислоті. Мітотичний індекс (МІ) визначали в апікальній меристемі конуса наростання за загальноприйнятою методикою Паушевої [149]. В кожному варіанті досліду аналізували не менше 500 клітин в трьохкратній повторності. Вплив протруйників на темпи росту рослин сої визначали шляхом вимірювання середньої довжини паростків в мм кожного варіанту досліду

2.2.8 Статистична обробка даних

На заключному етапі досліджень проводили аналіз та статистичну обробку результатів. Результати виконаних досліджень обраховані з використанням загальноновизнаних методів статистичної обробки результатів медико-біологічних досліджень [52] з визначенням середньоарифметичних величин показників (М), стандартної похибки (m), квадратичного відхилення (σ), параметричних методів перевірки статистичних гіпотез (t-критерій

Ст'юдента), непараметричним ϕ – критерієм Фішера та кореляційного аналізу за допомогою пакету статистичних програм.

Висновки до розділу 2

Аналіз погодних умов вегетаційних періодів років досліджень свідчить, що за температурним режимом і кількістю опадів вони мали відхилення від середніх багаторічних, що дало можливість більш повно виявити вплив досліджуваних чинників.

Розроблена структура експериментальних досліджень повною мірою відповідає меті та поставленим завданням. Визначені та описані методи, які використані в експериментальних дослідженнях. Сформовано наукові основи проведення польових досліджень в умовах зрошення.

Викладені в розділі 2 матеріали опубліковано в монографіях:

1. Ретьман С. В., Лісовий М. П., Борзих О. І., Кислих Т. М., **Мельничук Ф. С.**, Ретьман М. С. Реєстраційні випробування фунгіцидів у сільському господарстві. Т. 1. / За ред. М. П. Лісового К.: Колобіг, 2013. 296 с..

2. Ретьман С.В., Борзих О.І., Кислих Т.М., Шевчук О.В., Горбачова Н.П., Віннічук Т.С., **Мельничук Ф.С.**, Марченко О.А., Ретьман М.С., Демчинська М.І., Коваль Г.В., Ящук В.У. Реєстраційні випробування фунгіцидів у сільському господарстві. Т. 2. К.: Колобіг, 2014. 352 с.

3. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю.О., Малярчук М.П. та ін. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. 2014. 286 с.

Посібнику:

4. Каленіков А., Жбанов В., Корюненко В. Системи краплинного зрошення. Загальні технічні вимоги та методи визначення технологічних параметрів: Посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи і споруди». К.: ДІА, 2015. 200 с.

Методичних рекомендаціях:

5. Ромащенко М. І., Шатковський А. П., Усата Л. Г., Рябков С. В., Черевичний Ю. О., Васюта В. В., Удовенко В. В., Журавльов О. В., **Мельничук Ф. С.**, Усатий С. В., Капелюха Т. А., Семенко Л. О., Балюк С. А., Носоненко О. А., Захарова М. А., Афанасьєв Ю. О., Вожегова Р. А., Писаренко П. В., Люта Ю. О., Онопрієнко Д. М. Методичні рекомендації з проведення польових досліджень за краплинного зрошення / за науковою редакцією М. І. Ромащенка. – Київ, 2014. – 46 с.

6. Ромащенко М.І., Корюненко В.М., Матвієць О.Г., Сніговий В.С., Копестиренський Й.К., Яцюк З.Ф., Удовенко В.В., Каленіков А.Т., Безрук В.В., Жбанов В.В., Шатковський А.П., Рябков С.В., Усатий С.В., Яцюк В.С., Ромащенко Д.М., Плотникова Т.А., Дячок О.В., Дудинець Ф.Н., Сич З.Д., Хареба В.В., Мацейко Л.М., Кутовенко В.Б., Гунько С.М, Вітанов О.Д., Ящук А.І., Хареба О.В., Лимар В.А., Лимар А.О., Писаренко В.А., Бугаєва І.П., **Мельничук Ф.С.**, Балюк С.А. , Башинський В.Л. Технології вирощування овочевих культур при краплинному зрошенні в умовах України (рекомендації). К., ІГіМ УААН., 2006.126 с.

Статті в інших періодичних виданнях:

7. Ромащенко М.І., Купедінова Р.А., Каленіков А.Т., Шатковський А.П., **Мельничук Ф.С.**, Марченко О.А., Капелюха Т.А. Рекомендації з підвищення роботоздатності краплинних водовипусків. Аграрна наука – виробництву. 2017.№2. С. 25

РОЗДІЛ 3

ЕКОТОКСИЧНИЙ ВПЛИВ ПЕСТИЦИДІВ

В сучасному сільському господарстві не можлива висока врожайність сільськогосподарських культур без застосування засобів хімічного захисту рослин [434]. Використання пестицидів повинно підвищити врожайність сільськогосподарських культур при цьому знизити негативний вплив їх застосування на людину і на нецільові організми [419, 439]. Досягти необхідного зниження можливо трьома способами: 1) удосконаленням системи державного регулювання і моніторингу впливу пестицидів на навколишнє середовище; 2) оцінкою ризиків застосування пестицидів з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов конкретного регіону; 3) фінансуванням наукових розробок нових пестицидів з мінімальною токсичністю.

Перший та другий спосіб тісно пов'язані. Екологічна оцінка застосування пестицидів – перша сходинка в процедурі їх державної реєстрації [234, 330]. Така оцінка включає в себе, по-перше, класифікацію небезпечності пестициду, по-друге, оцінку ризику негативного впливу пестициду [254]. Відповідні дослідження дозволяють встановити його регламент застосування. Цей регламент забезпечує ефективність та безпечність застосування пестициду для людини та оточуючого середовища. Способи екологічної оцінки використання пестицидів постійно удосконалюються: формуються нові бази даних екотоксикологічних властивостей пестицидів, створюються новітні моделі розрахунку ризику негативного впливу пестицидів.

Оскільки пестициди це не вузькоспецифічні токсини, то визначальним фактором для оцінки їх у польових умовах є не лише здатність до покращення врожайності та захисту рослин, але й ступінь токсичності для нецільових організмів. Надмірне внесення цих хімічних препаратів

призводить до зміни ґрунтової біоти, що викликає зміну складу ґрунтів і подальше зниження їх родючості [65].

3.1 Вплив неонікотинноїди на *Daphnia magna*

З моменту відкриття неонікотинноїди вважалися найбільш перспективними сполуками з інсектицидною активністю в силу специфічної дії на нікотинові ацетилхолінові рецептори комах і низьку токсичність для ссавців у діапазонах концентрацій, що використовуються в сільськогосподарському виробництві. В даний час на їх основі в світі більш ніж 200 формуляцій. Однак при активному повсюдному використанні даного класу інсектицидів було виявлено цілу низку негативних наслідків. [88].

Через свою високу розчинність у воді неонікотинноїди можуть досягати поверхневих вод і негативно впливати на водні екосистеми та нецільові організми.

Препарати, що застосовуються в хімічному захисті рослин, містять різні допоміжні речовини, крім їх активних інгредієнтів. Коформулянти вже давно розглядаються як інертні / неактивні інгредієнти, тому їх дозвіл вимагає спрощеної оцінки ризику порівняно з діючими речовинами. Однак «інертність» добавок можна розглядати лише з точки зору основного ефекту засобу захисту рослин. У цьому контексті добавки не можуть здійснювати основну активність. Однак їх не можна вважати інертними з огляду на побічні ефекти, оскільки речовини, що використовуються в якості добавок, настільки ж схильні виявляти небажані побічні ефекти, як і діючі речовини. Так, Диференційована токсичність формуляцій пестицидів порівняно з їх діючими речовинами була продемонстрована для низки препаратів, що дає можливість стверджувати, що токсичні характеристики далеко не достатні для оцінки ризику пестицидів [379]. Кілька досліджень

довели адитивні, синергетичні або антагоністичні ефекти між діючими речовинами та добавками у формуляціях пестицидів [378]. Таким чином, для проведення відповідної оцінки екологічного ризику препаратів, що використовуються у сільському господарстві, необхідна токсикологічна оцінка як їх активних інгредієнтів так і поверхнево-активних та інших допоміжних речовин.

В якості тест-мікроорганізму для визначення екотоксичного впливу неонікотинοїдних інсектицидів на водних безхребетних застосовували *Dafnia magna*.

Клотіанідин в концентрації 236 мкг/ 100мл призводив до загибелі 25% популяції тест-об'єкту, тоді як в граничній концентрації щодо розчинності у воді - 340 мкг/ 100мл сполука викликала іммобілізацію 38,3% *D. magna*. Екстрапольована 48-годинна EC_{50} мала значення 531,4 мкг/ 100мл (табл. 3.1). Отримані нами результати щодо гострої токсичності у відношенні до *D. magna* були значно вищими порівняно з результатами інших дослідників. Hayasaka et al. зазначає концентрацію EC_{50} 67,56 мкг/ 100мл), також значення токсичності, зазначене в базі даних IUPAC складає менше 40 мкг/ 100мл [331, 341].

Розраховані після 48-годинної експозиції значення EC_{50} тіаклоприду за підсумками наших експериментів коливалось в межі 5–13,5 мкг/ 100мл та було у 6-17 разів нижче порівняно зі значеннями токсичності, встановленими FAO >85,1 мкг/ 100мл та в базі даних IUPAC – 85,1 мкг/ 100 мл [309, 341]. Виявилось, що токсичність тіаметоксаму відповідає значенням, про які повідомили Anderson et al. [] (> 106 мкг/ 100мл) та з переліченими у Базі даних IUPAC (> 100 мг/100 мл) [236, 341]. Така диференційна чутливість різних штамів *D. magna* до органічних мікробруднювачів була раніше встановлена в науковій літературі, зокрема щодо малатіону [332].

Таблиця 3.1

Вплив неонікотиноїдів на виживання тест-організму *Daphnia magna*

Компонент	Мінімальна концентрація EC ₅₀ мкг/100 мл	Максимальна концентрація EC ₅₀ мкг/100 мл	Середня концентрація EC ₅₀ мкг/100 мл
Тіаклоприд	5,0±1,2	13,5±1,1	10,1±1,1
Тіаметоксам	93,0± 32,6	159,0±31,5	126,0± 28,2
Клотіанідин	≥340,0	680,0± 123,0	531,0± 184,0
Каліпсо 480 СК (тіаклоприд)	17,3± 3,7	39,67± 11,4	27,0± 9,4
Актара 240 СК (тіаметоксам)	165,7± 29,8	307,8± 47,6	226,7± 54,6
Апач 50 ВГ (клотіанідин)	7,8± 1,4	14,9± 3,2	11,43± 4,1

Середні значення EC₅₀ при експозиції 48 годин, що визначаються для досліджуваних рецептур, були різними порівняно зі значеннями токсичності, зазначеними в MSDS даних препаратів. Таким чином, середні значення гострої токсичності досліджуваних препаратів були в 2,2–3,2 рази вищими ніж значення на основі MSDS [243, 249, 443]. На відміну від токсичності чистого компоненту, досліджений препарат Апач 50 WG®, (що містить 50% клотіанідину), виявився найбільш токсичний (EC₅₀ = 11,43±3,74 мкг/100 мл) Каліпсо 480 SC®, (містить 48% тіаклоприду) був менш токсичним (EC₅₀ = 27 ± 9,45 мкг/ 100мл), тоді як токсичність Актара 240 SC® (що містить 24% тіаметоксаму) була найнижчою (EC₅₀ 226,72 ± 54,6 мкг/ 100мл) для дослідного водного тестового організму (табл. 5.1).

Токсичність препаратів Каліпсо 480 СК та Актара 240 СК була в 2,7 та 1,8 рази вищою, ніж діючих речовин окремо, тоді як Апач 50 ВГ виявився в 46,5 разів більш токсичним ніж його діюча речовина. Це пояснюється тим, що застосовувані формулюючі агенти ймовірно значно посилюють токсичний ефект, особливо це видно за застосування препарату Апач 50 WG. Це відповідає раніше опубліковани науковим даним щодо рецептур гербіцидів на основі гліфосату, де виявлена значно більша токсичність у разі

досліджування комерційного препарату, ніж його діючої речовини [288], оскільки неіонні сурфоктанти, що входять в склад препарату надзвичайно токсичні для *D. magna*, викликаючи гальмування росту в концентраціях 100 - 500 мкг/ 100мл для всіх досліджених формуляцій пестицидів [259]. Токсичність ПАР істотно залежить від їх молекулярних характеристик. Значення та відсотки стандартного відхилення, що спостерігаються в наших тестах на гостру токсичність на *D. magna*, хоча й відносно високі, але знаходяться у діапазоні літературних даних щодо "повторюваності" аналізу на внутрішньолабораторному рівні або «відтворюваності» на міжлабораторному рівні досліджень [402]. Більше того, схоже, значення гострої токсичності неонікотиноїдів мають більше варіацій, ніж у інших інсектицидів, принаймні, коли вони випробуються на бджолах [414].

Інсектициди на основі неонікотиноїдів та їх допоміжні речовини можуть впливати на водні нецільові організми непередбачуваними способами. Як свідчать наші результати, формулюючі агенти можуть посилювати токсичність клотианідину або зменшення токсичної дії тіаклоприду та тіаметоксаму у комерційних препаратах. Отже, формулюючі речовини, застосовані в агрохімікатах, не можна вважати такими однозначно неактивними інгредієнтами в екоотоксикологічних та токсикологічних аспектах.

Питання визначення екоотоксикологічної ролі поверхнево-активних речовин у навколишньому середовищі на сьогодні потребує подальшого вивчення. Наш підхід вказує істотний вплив формулюючих речовин на екоотоксичність неонікотиноїдних інсектицидів. Застосований нами підхід допоможе оптимізувати системну оцінку можливої токсичної дії комерційних препаратів. Особливо це стосується їх неактивних інгредієнтів.

Згідно з нашими дослідженнями для *D. magna* пригнічення розмноження було більш чутливим та показовим фактором для впливу на популяцію, ніж пряма летальність. Обчислені значення EC_{50} для

репродуктивної властивості тест-організму були на 1,6–6,7 мкг/ 100мл нижче, ніж ті ж рівні ефектів для летальності (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Вплив неонікотиноїдів на виживання та репродуктивні властивості тест-організму *Daphnia magna*

Неонікотиноїд	Концентрація, мкг/100 мл	Тривалість дослідів, днів	% смертності	Середня кількість народжених особин на самку
1	2	3	4	5
Імідаклоприд	0	7	0	32,4±14,4
	1,53		0	40,6±23,2
	3,06		10	36,8±14,3
	6,13		0	16,2±7,3*
	12,25		0	26,8±11,4
	24,50		40	0*
	49,12		60	0*
	98,46		90	0*
Ацетамід	0	7	0	29,9±3,6
	0,68		0	28,6±3,1
	1,56		10	20,7±19,0
	2,71		0	27,1±6,3
	5,44		10	21,5±6,8
	10,88		0	18,3±6,6
	21,75		70	0,8±1,2*
	43,5		100	0*
Клотіанідин	0	7	10	29,0±7,3
	1,56		0	25,0±3,8
	3,12		10	22,1±2,5
	6,25		0	24,3±6,8
	12,50		10	20,9±9,8
	25,0		10	24,0±6,1
	50,0		10	22,7±9,9
	100,0		10	11,3±2,6*
Дінотефуран	0	7	0	23,7±9,2
	1,05		0	28,6±5,8
	2,09		0	29,1±7,4
	4,19		0	30,5±7,9
	8,38		0	28,6±3,6
	16,75		0	24,1±9,4
	33,5		10	23,7±6,3
	67,0		10	27,8±8,6

Закінчення табл. 3.2

1	2	3	4	5
Тіаклоприд	0	7	0	17,6±3,9
	0,65		0	16,5±4,2
	1,30		0	15,0±2,9
	2,59		20	5,2±3,9
	5,19		50	1,3±1,8*
	10,38		40	0,1±0,3*
	20,75		40	0,1±0,2*
	41,50		90	0*
	Тіаметоксам		0	7
1,25	20	23,5±9,1		
2,50	10	18,6±6,7		
5,0	10	22,9±4,8		
10,0	10	25,3±5,7		
20,0	10	28,1±7,9		
40,0	10	25,6±7,2		
80,0	10	22,9±6,3		

Примітка * - $P < 0,05$ у відношенні до контролю (нульова концентрація пестициду)

Показано, що хронічний сублетальний вплив на ріст та розмноження дафнідів через вплив імідаклоприду та інших представників групи неонікотиноїдів є наслідком гальмування функції харчування цих організмів. Сублетальний вплив імідаклоприду ($\leq 8,8$ мкг/ 100мл), зменшує швидкість годування, ріст та розмноження *D. Magna*, що призводить до значних втрат чисельності популяції та значного негативного екологічного впливу, не викликаючи при цьому прямої летальності. Хоча ці дослідження проводилися з *D. magna*, ймовірно, такі ж механізми гальмування годування застосовуються і для інших дафнід, таких як *C. dubia*. Аналогічне гальмування годування внаслідок впливу імідаклоприду було показано з іншими таксонами безхребетних, включаючи амфідоду [229]. Дані хронічної токсичності, отримані в цьому дослідженні, були порівняні із літературними даними для оцінки потенційної небезпеки неонікотиноїдів у поверхневих водах.

Виявилось, що частіше використовувані неонікотинноїди імідаклоприд та клотіанідин мають високу та середню небезпеку відповідно, хоча ця оцінка є надто консервативною. Інші неонікотинноїди в рекомендованих концентраціях становили низьку або нульову небезпеку. Для *D. magna* пригнічення розмноження було більш чутливою контрольною точкою, ніж летальність. Там, де були помічені ефекти, обчислені значення EC_{50} для відтворення були на 1,6–6,7 нижче, ніж ті ж рівні ефектів для летальності АЦР можна було б обчислити для 4 з 6 неонікотинноїдів, які показали хронічну залежність концентрації та відповіді для розмноження (рис. 3.1).

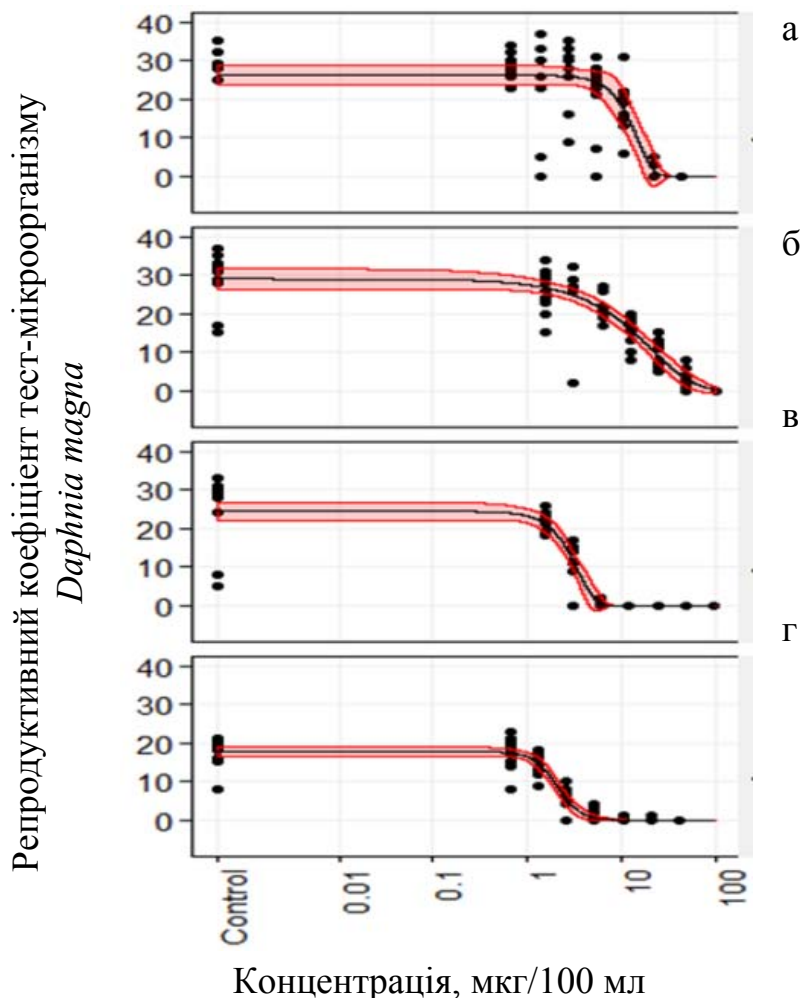


Рис. 3.1 . Моделювання впливу концентрації на репродуктивне гальмування *Daphnia magna* за хронічного впливу неонікотинноїдів в різних концентраціях. Червоні лінії окреслюють 95% довірчі інтервали. а – ацетаміприд, б – клотіанідин, в – імідаклоприд, д – тіаклоприд.

3.2 Вплив стробілуринів на *Daphnia magna*

Стробілурини – група фунгіцидів, що з’явилася на світовому ринку та набула широкого поширення починаючи з 90-х років ХХ сторіччя. Вони мають високий рівень токсичної дії щодо багатьох фітопатогенних організмів та характеризуються захисними та лікувально-профілактичними властивостями. Першими діючими речовинами цієї групи, які вийшли на ринок, були азоксибробін та крезоксим-метил. У сукупності їх називають групою QoI - термін, що походить від способу їх дії. Вони зв'язують Q_o-центр цитохрому b та блокують транспорт електронів між цитохромами b й c₁, внаслідок чого порушується енергетичний цикл гриба. Вже протягом перших десяти років їх комерційного впровадження стробілурини швидко стали одними з найважливіших сільськогосподарських фунгіцидів, на які припадає понад 20% світового ринку [247, 307].

Препарати на їх основі найбільш ефективні при застосуванні в ранні стадії розвитку інфекції, оскільки вони пригнічують проростання конідій, початковий ріст міцелію і попереджають спороутворення [247].

Вони мають широкий спектр активності проти грибів різних класів (оомицети, дейтеромицети, базидіомицети, аскомицети). Також як позитивна риса цих препаратів відмічається висока стійкість проти змивання дощем завдяки наявності ліпофільних часток, що затримують препарат на поверхні листка й гарантують довший захист [246].

За перерозподілом в ролинах фунгіциди цієї групи мають певні відмінності. Частина з них є частково системними, інші – перерозподіляються по рослині у восковому шарі та епідермальних клітинах, де й виявляють фунгіцидну дію. Трансламінарна активність виражається в закріпленні фунгіциду на поверхні рослини після проникнення через шар воску, далі відбувається циркуляція по рослині внаслідок газової дифузії разом з клітинним соком і досягнення необроблюваних поверхонь рослини.

Завдяки цьому забезпечується більш тривалий захист, що не залежить від погодних умов [307]. Деякі з діючих речовин стробілуринів нового покоління, зокрема пікоксистробін і піраклостробін, мають викорінюючі властивості [246].

Стробілурини широко застосовуються проти хвороб зернових, зокрема сітчастої плямистості ярого ячменю, септоріозу листя озимої пшениці. На овочевих культурах вони є високоефективними проти хвороб листя пасльонових та гарбузових культур.

Однією з важливих особливостей є те, що стробілурини виявляють фізіологічний ефект на ріст культури, що викликає збільшення врожаю навіть за умов низького розвитку хвороби – так зване явище «зеелного листа».

До Q₀-інгібіторів належать біля двох десятків діючих речовин з восьми хімічних груп: метоксиакрилати (азоксистробін, пікоксистробін, енестробін, піроксистробін), оксиміноацетати (крезоксим-метил, трифлуксистробін), оксиміацетаміди (метоміностробін, димоксистробін, оризастробін), оксазоліндіони (фамоксадон), імідозалінони (фенамідон), метоксикарбамати (піраклостробін, піраметостробін), дигідродіоксазіни (флуоксастробін), бензилкарбамати (пирібенкарб) [307].

В системах захисту сільськогосподарських культур фунгіциди використовуються, як правило, декілька раз протягом вегетаційного періоду, що може призвести до їх накопичення в об'єктах навколишнього середовища (зокрема, в ґрунті з наступною міграцією в ґрунтові води).

При дослідженні впливу стробілуринів на виживання та репродуктивні властивості *Daphnia magna* були використані такі діючі речовини цієї групи: азоксистробін та піраклостробін.

Токсикологічні характеристики досліджуваних діючих речовин визначались на основі виживання тест-об'єктів в токсичних середовищах пестицидів.

Розраховані після 48-годинної експозиції значення EC_{50} піраклостробіну коливалось в межі 0,82–2,35 мкг/100мл (табл. 3.3). Такий рівень токсичності відповідає значенням, встановленим в базі даних IUPAC (0,016 мкг/л). При цьому отримані нами результати щодо гострої токсичності піраклостробіну у відношенні до *D. magna* відрізнялися від тих, що повідомляються іншими дослідниками. Так, Федорова Е.А., Левина И.Л., Зинчук О.А. [210] при дослідженні токсичності фунгіцидів групи стробілуринів щодо *Daphnia magna* вказують середньолетальну концентрацію для піраклостробіну 0,000017 мкг/л. За даними Очоа-Асиґа Н.Г. et al [391], EC_{50} для піраклостробіну за 48-годинної експозиції становила 68 мкг/л, що втричі перевищувало одержані нами значення.

Таблиця 3.3

Вплив стробілуринів на виживання тест-організму *Daphnia magna*

Компонент	Мінімальна концентрація EC_{50} мкг/100 мл	Максимальна концентрація EC_{50} мкг/100 мл	Середня концентрація EC_{50} мкг/100 мл
Піраклостробін	0,82±0,17	2,35±0,31	1,46±0,32
Азоксистробін	12,5±1,1	22,8±1,3	18,4±1,3

Для азоксистробіну EC_{50} виявилася на порядок вищою порівняно з піраклостробіном і становила в середньому 18,4 мкг/100 мл (мінімальне значення 12,5, максимальне – 22,8 мкг/100 мл). Такий рівень токсичності відповідає значенням, встановленим FAO (0,28 мкг/л) та в базі даних IUPAC (0,23 мкг/л).

Діючі речовини групи стробілуринів часто застосовуються у комбінації з активними інгредієнтами інших груп. При цьому може спостерігатись синергетичний ефект таких сумішей. Наприклад, Cedergreen N., Kamper A., Streibig J. [274] вивчали спільний вплив прохлоразу разом з азоксистробіном на *D. magna* та виявили їх сильний синергетичний ефект у 48-годинному

тесті на нерухомість. За їх результатами, для суміші із співвідношенням компонентів 50:50% лише 46% фунгіциду азоксистробіну потрібно було для іммобілізації 50% *D magna* у присутності прохлоразу порівняно з азоксистробіном, що діє окремо.

Виходячи з одержаних даних щодо токсичності піраклостробіну та азоксистробіну можна зробити висновок, що по відношенню до *Daphnia magna* піраклостробін може бути охарактеризований як високо токсичний ($0,5 < \text{ЛК}_{50} < 5,0$ мг/л), а азокситробін – як середньотоксичний ($5,0 < \text{ЛК}_{50} < 50,0$ мг/л).

3.3 Вплив неонікотиноїдів на *Eisenia fetida*

Як вже зазначалося, несприятливим наслідком використання пестицидів є втрата біологічної різноманітності [334].

Через специфіку застосування більшості пестицидів, першими негативний вплив відчувають ґрунтові організми.

Земляні черв'яки беруть активну участь у процесах утилізації рослинної біомаси, мінералізації органічних речовин, при цьому вони акумулюють пестициди та інші хімічні речовини, в кількостях, які в сотні разів перевищують їх вміст у ґрунті [27]. Це дає передумову для використання їх в еколого-токсикологічних дослідженнях впливу пестицидів на ґрунтову біоту.

Використання земляних черв'яків як тест-об'єктів екотоксикологічних досліджень є загально визнаною методикою і вважається сьогодні необхідною умовою для визначення доцільності використання добрив і пестицидів у сільському господарстві [36, 61].

Вперше про можливість застосування земляних черв'яків, як універсальних біоіндикаторів забруднення ґрунтів заговорили в 1980-х роках [268]. З цього часу земляні черв'яки стали основним тестовим видом в

дослідженнях оцінки токсичності нових ксенобіотиків, а також для розрахування ризиків негативного впливу забруднювачів на об'єкти навколишнього середовища. Земляні черв'яки мають ряд переваг порівняно з іншими видами біоіндикаторів: вони швидко розмножуються, легко культивуються в лабораторних умовах і при цьому є чутливими до багатьох антропогенних забруднювачів, в т.ч. пестицидів і важких металів [298, 325, 367, 436, 473]. Механізми надходження ксенобіотиків в організм земляних черв'яків можуть бути різними: безпосереднє потрапляння з харчовим субстратом, всмоктування поверхнею шкіряного покриву.

Земляні черв'яки є видом організмів, по якому оцінюють токсичність і небезпечність пестицидів для ґрунтової макрофауни. Тестовим видом є черв'яки *Eisenia fetida*.

На клітинному рівні пестициди призводять до порушення молекули ДНК земляних черв'яків [271], можуть порушувати активність ферментів, які мають антиоксидантні властивості [258].

На рівні організму вплив пестицидів оцінюють по смертності осіб та здатності до розмножування, при цьому застосовують параметри: ЛК₅₀ – концентрація токсиканту, яка викликає загибель 50% черв'яків та NOEC – недіюча концентрація. Серед тестів, що орієнтовані на зміну поведінкових реакцій під час внесення токсиканту, найбільше поширення отримав тест на міграцію із зони забруднення в чистий ґрунт [343].

З трьох груп пестицидів найбільш токсичні для земляних черв'яків інсектициди і фунгіциди, які відносяться до наступних класів речовин: органофосфати, неонікотиноїди, стробілурини, триазоли та карбамати [463].

На сучасному етапі розвитку хімічного методу захисту рослин від шкідливих комах неонікотиноїди є групою нейротоксичних інсектицидів, яка швидко розвивається. Група неонікотиноїдів включає [451]: ацетаміприд, -динотефулан, імідаклоприд, клотіанідин, нітенпірам, тіаклоприд, тіаметоксам.

Вибірковий механізм та тривалість системної дії на комах в низьких дозах, економічність, низька токсичність для ссавців зумовлюють широке застосування цих інсектицидів. Разом з тим дію неонікотиноїдів пов'язують з рядом чинників, які викликають масові втрати бджолиних сімей в різних країнах світу [446].

Неонікотиноїди мають наступні властивості:

- вибірковість дії – вони гарно акумулюються рецепторами, які є у комах, і погано – рецепторами, які є у людини та інших ссавців;
- не летучість: як полярні сполучення вони не іонізуються при звичайних рН, стійкі до гідролізу;
- висока біологічна активність;
- висока трансламіарна і системна дія в рослинах;
- низькі норми витрати;
- помірна стійкість в наколишньому середовищі.

Діючі речовини препаратів проявляють не стійкість в ґрунті. Тіаметоксам класифікується в ґрунті, як середньостійке сполучення. Показник його напіврозпаду (T_{50}) складає 39 діб. Клотіанідин дуже стійкий до водного гідролізу при рН від 5 до 9, достатньо довгий час може зберігатися в ґрунті. Період його напіврозпаду складає 121 добу. Тіаклоприд по ґрунтовому профілю пересувається повільно і швидко руйнується в аеробних умовах.

Для біотестування ґрунтових зразків найчастіше застосовують земляних черв'яків. У Німеччині за період 1996-2001 рр. було апробовано понад 20 біотестів з метою визначення найбільш чутливих і адекватних. Залежно від того, яка функція ґрунту оцінюється, і використовують той чи інший біотест. У цьому списку біотестів земляні черв'яки виступають в якості індикаторів функції ґрунту як природного середовища існування (tests for the habitat function of soil). Такими тестами є тест на гостру токсичність (acute toxicity), репродуктивний тест (reproduction), тест на біомасу (biomass).

Ці тести зазначені в стандартах ICO 11268-1, ISO 11268-2, ISO 11268-3 і EPA OPPTS 850.6200 [57, 137, 138].

Починаючи з 1981 року, тест визначення токсичності добрив та пестицидів для земляних черв'яків є обов'язковим розділом реєстраційних випробувань добрив та пестицидів в багатьох країнах. Для цієї мети в 1984 році Організацією економічного співробітництва (OECD) і розвитку була затверджена методика № 207 Керівництва OECD "Визначення гострої токсичності хімікатів для ґрунтових черв'яків" [392], яка широко використовується в країнах ЄС, США та Канаді. Ця методика призначена, в першу чергу, для порівняльної оцінки токсичності добрив та пестицидів для земляних черв'яків, оскільки в ній використовується стандартний штучний ґрунт, що складається з кварцового піску, каолінової глини і торфу, і черв'яки виду *Eisenia fetida*, які зручні для розмноження в лабораторних умовах. Результатами цього тесту є такі показники, як напівлетальна концентрація пестициду LC_{50} і його недіюча концентрація (NOEC), які характеризують потенційну небезпеку пестициду або добрива.

Ми досліджували вплив діючих речовин неонікотиноїдних інсектицидів тіаметоксаму, тіаклоприду та клотіанідину на земляних черв'яків *Eisenia fetida*.

Для досягнення нашої мети ми використовували метод біотестування. Суть біотестування полягає у визначенні дії токсикантів на спеціально вибрані організми в стандартних умовах з реєстрацією різних поведінкових, фізіологічних або біохімічних показників. Біотестування широко застосовується при обґрунтуванні нормативів гранично допустимих концентрацій забруднюючих компонентів в ґрунті.

При визначенні токсичності діючих речовин неонікотиноїдних інсектицидів тіаметоксаму, тіаклоприду та клотіанідину на земляних черв'яків *Eisenia fetida* досліджували дози в діапазоні 0,1-1000,0 мг/кг штучного ґрунту. Встановлено, що дози тіаметоксаму 0,1 мг/кг та 1,0 мг/кг

сухого субстрату не викликали смертності земляних черв'яків. Доза 10,0 мг/кг викликала смертність 2 особин, що становило 6,7% тварин. Із збільшенням дози до 100,0 мг/кг смертність збільшувалась до 16,7%. Доза 1000,0 мг/кг викликала загибель 26,7% черв'яків (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Визначення гострої токсичності діючих речовин неонікотиноїдних інсектицидів на земляних черв'яків *Eisenia fetida* (тривалість експерименту 14 діб)

Діюча речовина	Доза діючої речовини, мг/кг сухого субстрату	Використано земляних черв'яків, шт	Смертність земляних черв'яків	
			штук	%
Тіаметоксам	контроль	30	0	0
	0,1	30	0	0
	1,0	30	0	0
	10,0	30	2	6,7
	100,0	30	5	16,7
	1000,0	30	8	26,7
Тіаклоприд	контроль	30	0	0
	0,1	30	0	0
	1,0	30	1	3,3
	10,0	30	3	10,0
	100,0	30	14	46,7
	1000,0	30	30	100,0
Клотіанідин	контроль	30	0	0
	0,1	30	2	6,7
	1,0	30	7	23,3
	10,0	30	13	43,3
	100,0	30	22	73,3
	1000,0	30	30	100

Доза діючої речовини неонікотиноїдних інсектицидів тіаклоприду 0,1 мг/кг сухого субстрату не викликала смертності земляних черв'яків. Доза 1,0 мг/кг також не суттєво впливала на смертність черв'яків і викликала смертність 3,3% тварин. Із збільшенням дози до 10,0 мг/кг смертність становила 10,0% тварин. Доза 100,0 мг/кг збільшила смертність до 46,7%. Доза 1000,0 мг/кг викликала загибель 100% черв'яків.

Встановлено, що доза діючої речовини клотіанідину 0,1 мг/кг сухого субстрату викликала 6,7% смертності земляних черв'яків. Доза 1,0 мг/кг викликала смертність 23,3% земляних черв'яків. Доза 10,0 мг/кг викликала смертність 43,3% тварин. Доза 100,0 мг/кг викликала смертність 73,3% тварин. Із збільшенням дози до 1000,0 мг/кг всі черв'яки загинули (табл. 3.4).

Для визначення ЛК₅₀ проводили дослідження діючої речовини неонікотиніодних інсектицидів тіаметоксаму з дозами 250 – 4000 мг/кг субстрату з коефіцієнтом розведення 2 (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5

Визначення гострої токсичності діючих речовин неонікотиніодних інсектицидів на земляних черв'яків *Eisenia fetida* (тривалість експерименту 28 діб)

Діюча речовина	Доза діючої речовини, мг/кг сухого субстрату	Використано земляних черв'яків, шт	Смертність земляних черв'яків	
			штук	%
Тіаметоксам	контроль	30	0	0
	250,0	30	7	23,3
	500,0	30	9	30,0
	1000,0	30	14	46,7
	2000,0	30	22	73,3
	4000,0	30	30	100
Тіаклоприд	контроль	30	0	0
	62,5	30	11	36,7
	125,0	30	16	53,3
	250,0	30	23	76,7
	500,0	30	29	96,7
	1000,0	30	30	100
Клотіанідин	контроль	30	0	0
	7,82	30	13	43,3
	15,64	30	17	56,7
	31,25	30	24	80,0
	62,5	30	28	93,3
	125,0	30	30	100,0

Щодо діючої речовини неонікотиноїдних інсектицидів тіаклоприду, то для визначення ЛК₅₀ тіаклоприду проводили дослідження з дозами 1000 – 62,5 мг/кг субстрату з коефіцієнтом розведення 2.

Для визначення ЛК₅₀ діючої речовини неонікотиноїдних інсектицидів клотіанідину проводили дослідження з дозами 125 – 7,82 мг/кг субстрату з коефіцієнтом розведення 2 (табл. 3.4).

Як видно з таблиці 6.4, в умовах нашого експерименту ЛК₅₀ діючої речовини тіаметоксаму становила 1124,1 мг/кг. При дозі 0,1 мг/кг та 1,0 мг/кг не було зафіксовано смертності земляних черв'яків *Eisenia fetida*. Повну їх загибель викликала доза тіаметоксаму >2000 мг/кг.

Щодо діючої речовини тіаклоприду, ЛК₅₀ її становила 112,58 мг/кг. Під час внесення дози 0,1 мг/кг не було зафіксовано смертності земляних черв'яків. 100% їх загибель викликала доза 1000 мг/кг.

ЛК₅₀ діючої речовини неонікотиноїдних інсектицидів клотіанідину становила 11,73 мг/кг. 100% загибель земляних черв'яків *Eisenia fetida* викликала доза 125 мг/кг.

Поведінкові реакції земляних черв'яків протягом перших 10-30 хвилин в умовах забруднення ґрунту діючими речовинами неонікотиноїдних інсектицидів тіаметоксаму, тіаклоприду та клотіанідину можна умовно поділити на три групи.

1. Відсутність змін у поведінці. Поведінкові реакції виявилися без змін, тобто виявилися такими, як і до внесення діючих речовин. В основному це особини, які перебували на дні експериментальних опадів або в придонній частині. Така ж реакція спостерігалась практично для всіх земляних черв'яків, що знаходилися в ґрунті обробленому дозами тіаметоксаму 0,1; 1,0 мг/кг та 10,0 мг/кг. Щодо тіаклоприду – то така реакція була під час обробки дозою 0,1 мг/кг.

2. "Межовий таксис". Земляні черв'яки піднімалися до межі просочування діючих речовин, починали рухатися уздовж неї, проявляючи

відповідну реакцію на забруднення, рухались у пошуках незабрудненого ґрунту. Ця реакція була у більшості черв'яків, що знаходилися в ґрунті обробленому дозами тіаметоксаму 100 мг/кг та частково 1000 мг/кг; тіаклоприду 1,0мг/кг, 10,0 мг/кг та частково 100 мг/кг.

3. "Вертикальний таксис". Земляні черв'яки проходили забруднений діючими речовинами шар ґрунту перпендикулярно межі просочування і виходили на поверхню. Така реакція була помічена у частини черв'яків, що знаходилися у ґрунті обробленому дозами тіаметоксаму 1000,0 мг/кг; тіаклоприду 100 мг/кг (частково) та 1000,0 мг/кг. При внесенні клотіанідину в дозах 10,0; 100,0 та 1000,0 мг/кг "вертикальний таксис" спостерігався у більшості черв'яків.

Аналізуючи поведінкові реакції земляних черв'яків на забруднення, можна відмітити, що найбільш кращою формою рухової активності для виживання черв'яків є реакція горизонтальної міграції із зони забруднення в чистий ґрунт - реакція "межового таксису". Загибель черв'яків, що проходять шар ґрунту, забруднений пестицидами, перпендикулярно межі просочування і виходять на поверхню, становить майже 100%.

Як вже зазначалося, LK_{50} для земляних черв'яків в умовах нашого експерименту (впливу діючої речовини неонікотиноїдних інсектицидів тіаметоксаму) становила 1124,1 мг/кг. Тіаметоксам є практично не токсичним для земляних черв'яків, згідно класифікації ступеня небезпечності (табл. 3.5) і не класифікується за класом безпеки [133, 278].

Під час впливу діючої речовини неонікотиноїдних інсектицидів тіаклоприду в умовах нашого експерименту, його LK_{50} для земляних черв'яків становила 112,58 мг/кг. Тіаклоприд є слаботоксичним для земляних черв'яків, згідно класифікації ступеня небезпечності і належить до 3 класу безпеки.

Щодо впливу діючої речовини неонікотиноїдних інсектицидів клотіанідину, то він виявився найбільш небезпечним для земляних черв'яків

Eisenia fetida. Його ЛК₅₀ становила 11,73 мг/кг. І він є середньотоксичним для земляних черв'яків, згідно класифікації ступеня небезпечності і відноситься до 2 класу небезпеки (таблиця 3.6).

Таблиця 3.6

Класифікація гострої токсичності і небезпеки пестицидів для земляних черв'яків *Eisenia fetida*

Клас		LC ₅₀ , мг/кг
Небезпеки	Токсичності	
1	Надзвичайно токсичний	≤1
	Високотоксичний	1-10
2	Середньотоксичний	11-100
3	Слаботоксичний	101-1000
Не класифікується	Практично не токсичний	> 1000

Таким чином, ЛК₅₀ діючої речовини неонікотиноїдних інсектицидів тіаметоксаму для земляних черв'яків *Eisenia fetida* становила 1124,1 мг/кг. При дозах 0,1 мг/кг та 1,0 мг/кг діючої речовини неонікотиноїдних інсектицидів тіаметоксаму не було зафіксовано смертності земляних черв'яків. 100% їх загибель викликала доза >2000 мг/кг. Тіаметоксам є практично не токсичним для земляних черв'яків, згідно класифікації ступеня небезпечності і не класифікується за класом небезпеки.

Під час впливу діючої речовини неонікотиноїдних інсектицидів тіаклоприду в умовах нашого експерименту, його ЛК₅₀ для земляних черв'яків становила 112,58 мг/кг. Тіаклоприд є слаботоксичним для земляних черв'яків, згідно класифікації ступеня небезпечності і належить до 3 класу небезпеки. При внесенні дози 0,1 мг/кг не було зафіксовано смертності земляних черв'яків. 100% їх загибель викликала доза 1000 мг/кг.

Діюча речовина неонікотиноїдних інсектицидів клотіанідин, найбільш небезпечна для земляних черв'яків *Eisenia fetida*. Її ЛК₅₀ становила 11,73 мг/кг. Вона є середньотоксичною для земляних черв'яків, згідно класифікації

ступеня небезпечності і відноситься до 2 класу небезпеки. Повну загибель земляних черв'яків *Eisenia fetida* викликала доза 125 мг/кг.

Діючі речовини неонікотиноїдних інсектицидів (тіаметоксам, тіаклоприд та клотіанідин) по-різному впливають на земляних черв'яків. Тіаметоксам практично не токсичний і не класифікується за класом небезпеки. Тіаклоприд слаботоксичний і відноситься до 3 класу небезпеки. Клотіанідин є середньотоксичним і відноситься до 2 класу небезпеки.

3.4 Вплив неонікотиноїдних інсектицидів на мікробіом ґрунту

Особливості дії інсектицидів в ґрунті на мікроорганізми залежать від багатьох факторів: умов існування мікроорганізмів, сільськогосподарської культури, що вирощується, норм пестицидів та тривалості їх дії. Зрошення також є важливим фактором, який впливає як на формування мікробного товариства, так і на перерозподіл інсектицидів в ґрунті, і потребує детальних наукових досліджень.

Найбільша кількість пестицидів в агроєкоценозах потрапляє в ґрунт та накопичується. Тому важливим є дослідження комплексного впливу обробок неонікотиноїдними інсектицидами на функціональну реакцію бактерій та особливості їх взаємодії з агроєкосистемами.

Потраплення та акумуляція неонікотиноїдів в ґрунті призводить до негативного впливу на нецільові об'єкти, змінюючи, зокрема, біорізноманіття мікроорганізмів. За деякими даними, внаслідок дрейфу інсектицидів в ґрунті знижується чисельність ризобактерій та бактерій, які приймають участь у трансформації азоту [326]. При цьому збільшується кількість деяких ґрунтових бактерій, які можуть приймати активну участь у процесах біодеградації пестицидів шляхом ферментативної деструкції. При застосуванні інсектицидів слід враховувати, що тільки біля 10% від

загальної кількості препарату досягає цільових організмів, а 90%, які залишаються, розподіляються в навколишньому середовищі, негативно впливаючи на нецільові організми та загальний стан екосистеми [363]. З іншого боку, відомі деякі мікроорганізми, які приймають участь у деструкції нікотиноїдів *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Pseudoxanthomonas*, *Rhizobium*, *Rhodococcus*, *Actinomycetes*, *Stenotrophomonas* [284].

За даними Могі Т. та ін. [386], мікробну біологічну деградацію клотіанідину виявили у гриба, що викликає білу гниль на деревних рослинах *Phanerochaete sordida*. Під час культивування мікроорганізм руйнував 37% клотіанідину протягом 20 днів вирощування. *Pseudomonas stutzeri* smk аеробно деградували 62% клотіанідину протягом 14 днів при 30 ° С, що швидше, ніж повідомлялося раніше [398]. Біодеградація тіаметоксаму в ґрунті та в рідкій культурі виявлена у декількох видів мікроорганізмів *Ensifer adhaerens* TMX-23, ризобактерії, азотфіксатора [396], *Bacillus amyloliquefaciens* IN937a, *Bacillus pumilus* SE34, *Sphingomonas sp.* TY та *Acinetobacter sp.* TW [409]. Біодеградація даної речовини в мікробних системах може відбуватись метаболічно шляхом нітроредукції з утворенням метаболітів, таких як нітрозогуанідин / нітрозамін, аміно-гуанідин, дезнітро / гуанідин / імін та сечовина [396, 479]. Біодеградація тіаклоприду, за даними деяких авторів, відбувається шляхом вивільнення мікроорганізмами ціаногрупи тіаклоприду і окислення гідроксильної групи до карбонільної групи з утворенням 4-гідрокси тіаклоприду [480].

Дослідження впливу клотіанідину на ґрунтові мікроорганізми та біохімічні властивості ґрунту здійснювали за застосування його в 1-кратній, 5-кратній та 10-кратній дозах. Клотіанідин, (N (2-хлор-1,3-тіазол-5-іл-метил) N'-метил-N'' -нітрогуанідин. Механізм дії даної речовини полягає в блокуванні передачі нервових імпульсів у комах за рахунок конкурентної дії до нікотинового ацетилхолінового рецептора, викликаючи шок та шлункову

токсичність. Використовується клотіанідін в основному для протруювання насіння, обробки ґрунту на картоплі, цукровому буряку, ріпаку та інших культурах проти сисних комах, із родини жорсткокрилих (Coleoptera), рівнокрилих (Homoptera) та двокрилих (Diptera).

За отриманими даними нами встановлено, що кількість фосфатмобілізуєчих бактерій при однократній дозі протягом двох тижнів зменшується порівняно з контролем. При збільшенні дози препарату та тривалості експозиції від 14 до 56 діб спостерігається збільшення колонієутворюючих одиниць (КУО) даної групи бактерій (рис. 3.2).

Отримані дані проаналізовані двофакторним аналізом. Двонаправлений дисперсійний аналіз (ANOVA) проводили для визначення відсотка варіації досліджених параметрів ґрунту під впливом різних доз кожного дослідженого пестициду. Статистична значимість відмінностей в даних вимірювань оцінювалась шляхом ретроспективного порівняння з використанням тесту на найменшу значущу різницю (LSD).

Статистичний аналіз показав, що доза та тривалість дії інсектициду не мають статистично значимого впливу на кількість мікроорганізмів даної групи (додаток Б).

Виявлено, що кількість бактерій іммобілізаторів мінерального азоту статистично достовірно збільшувалась при збільшенні дози неонікотиноїдного інсектициду та тривалості впливу на ґрунтовий зразок (рис. 3.2). Це свідчить про участь даних мікроорганізмів в процесах біодеструкції клотіанідину і використанні в якості субстрату в ферментативних перетвореннях. Негативний вплив клотіанідину відмічали на кількість КУО мікроміцетов і педотрофних бактерій. В випадку педотрофних мікроорганізмів зменшення популяції достовірно залежало від поєднання дози та тривалості впливу препарату (додаток Б).

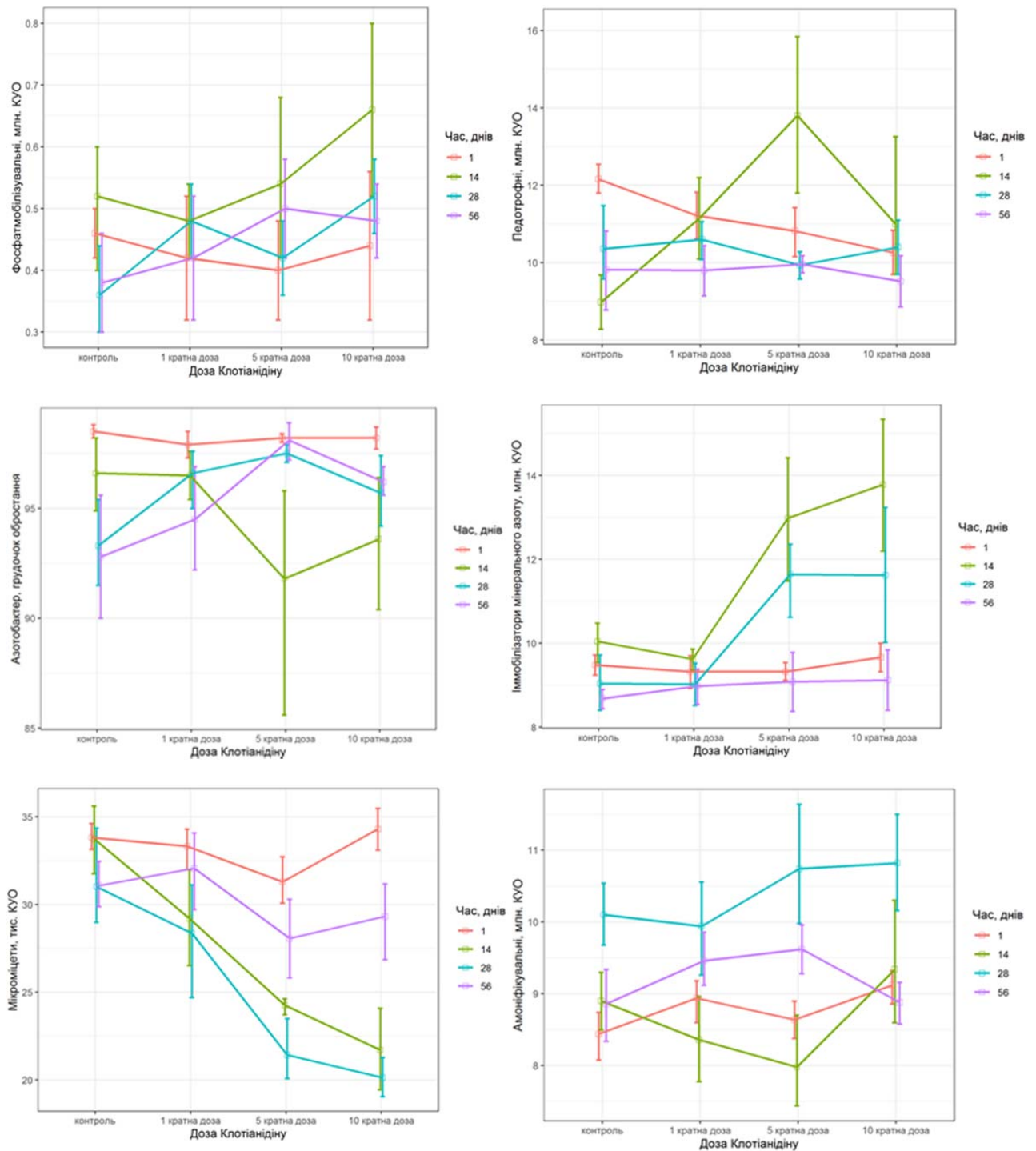


Рис. 3.2 Вплив клотіанідину на основні групи мікроорганізмів ґрунту за застосування в різних дозах в умовах зрошення

Тіаметоксам [5-метил-3-(2-хлортіазол-5-ілметил)-1,3,5-оксадіазинан-4-іліден-N-нітроамін] має подібний механізм дії з імідаклопридом. Вивчення впливу тіаметоксаму на основні групи мікроорганізмів ґрунту проводились за застосування в 1-кратній, 5-кратній та 10-кратній дозах. За нашими даними, вплив тіаметоксаму на мікробом ґрунту був подібний до

клотіанідину. Збільшення доз препарату викликало збільшення КУО фосфатмобілізуєчих мікроорганізмів при експозиції від одного до 28 днів. (рис. 3.3). Тривалість дії та дози тіаметоксаму не мали статистично значимого впливу на мікроорганізми даної групи в ґрунті (додаток Б).

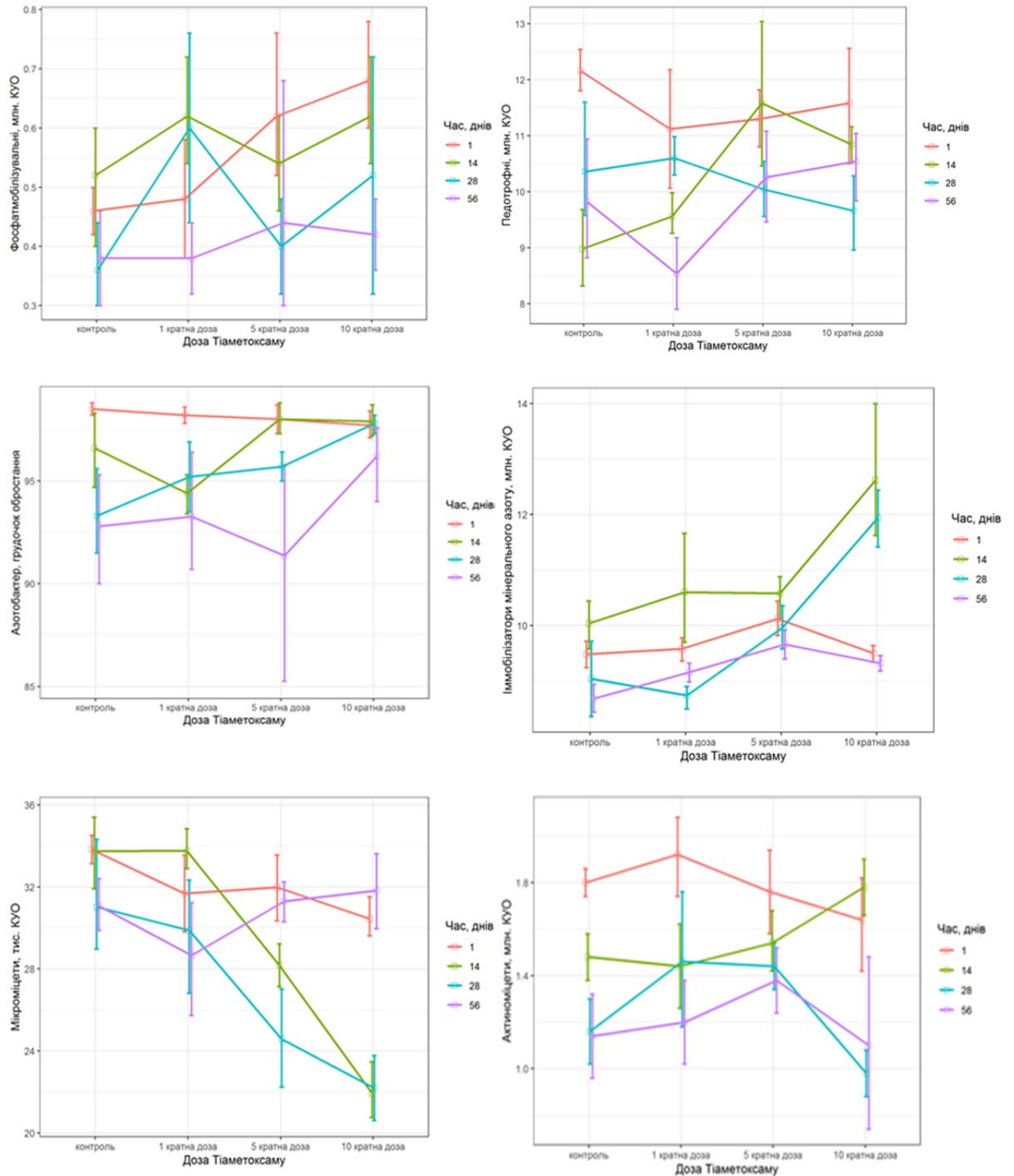


Рис. 3.3. Вплив тіаметоксаму на основні групи мікроорганізмів ґрунту за застосування в різних дозах в умовах зрошення

Кратність дози тіаметоксаму несуттєво впливала на популяцію бактерій з роду *Azotobacter* при короткій експозиції протягом доби. При збільшенні експозиції відбувалось статистично значиме збільшення кількості мікроорганізмів цієї групи. Збільшення дози препарату негативно впливало на кількість КУО мікроміцетів. Педотрофні мікроорганізми та актиноміцети були менш чутливими до дії тіаметоксаму та статично достовірно на чисельність їх популяції впливала тривалість дії препарату. Бактерії іммобілізатори мінерального азоту при збільшенні тривалості впливу інсектициду протягом 14 та 28 днів суттєво збільшували кількість КУО, що свідчить про участь цієї групи мікроорганізмів в метаболічних процесах деградації тіаметоксаму (додаток Б).

Вивчення впливу тіаклоприду на основні групи мікроорганізмів ґрунту проводились за застосування у 1-кратній, 5-кратній та 10-кратній дозах. Тіаклоприд ((2Z)-[(6-хлорпіридин-3-іл)метил]-2-ціаніміно-1,3-тіадіазолидин) застосовується на яблуні (яблуневої плодожерки, щитівки, листовертки, яблуневого квіткоїда), винограді (гронової листовертки), соняшнику (попелиці, совки), а також ріпаку (ріпаковий квіткоїд, ріпаковий пильщик, прихованохоботники). За результатами досліджень встановлено, що збільшення дози тіаклоприду та часу експозиції (рис. 3.4) позитивно впливає на популяції фосфатмобілізувальних, амоніфікувальних бактерій та роду *Азотобактер*.

Відмічено статистично достовірне збільшення кількості даних ґрунтових мікроорганізмів (додаток Б). Збільшення доз препарату викликало збільшення КУО фосфатмобілізуючих мікроорганізмів, однак, такі варіації в популяції бактерій не були статично пов'язані з дією тіаклоприду. Мікроорганізми, що приймають участь в іммобілізації мінерального азоту при тривалості дії препарату від 14 до 28 діб суттєво збільшують популяцію при збільшенні дози. При збільшенні експозиції до 56 діб кількість КУО підвищується несуттєво.

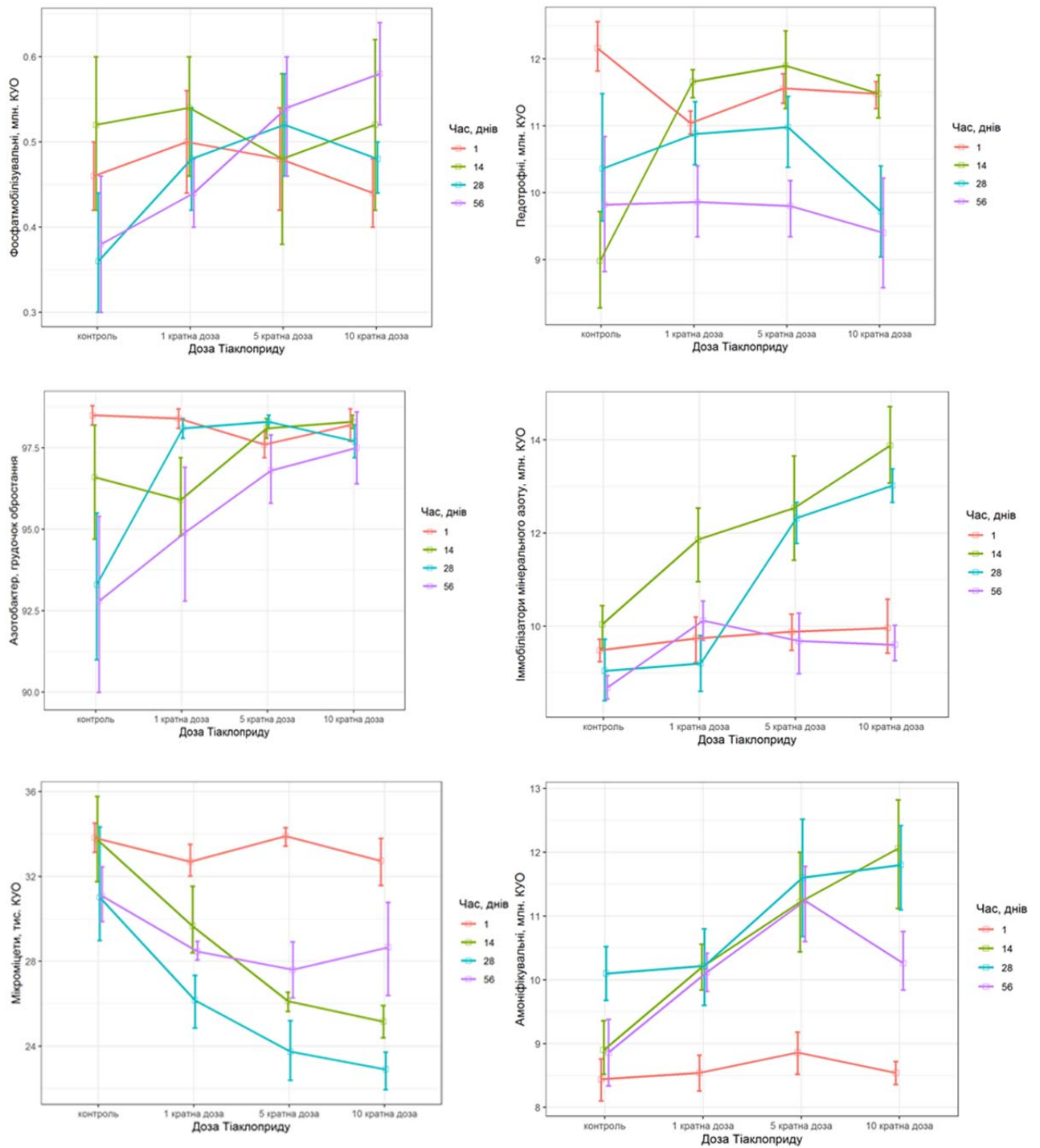


Рис. 3.4. Вплив тіаклоприду на основні групи мікроорганізмів ґрунту за застосування в різних дозах в умовах зрошення

Таким чином, встановлено, що група фосфатмобілізувальних бактерій збільшувала свою чисельність під дією всіх неонікотіноїдних інсектицидів тіаметоксаму, тіаклоприду та клотіанідину. Однак, статистично значимого впливу доз та тривалості дії випробовуваних інсектицидів не виявлено.

Вірогідно, що в процесі біодеградації неонікотиноїдів в ґрунті можуть приймати участь бактерії іммобілізатори мінерального азоту, які суттєво збільшували кількість КУО при збільшенні дози тіаметоксаму, клотіанідину та тіаклоприду. Найбільше пригнічувався ріст популяцій мікроорганізмів, які відносяться до міксоміцетів, що виявились найбільш чутливими до дії неонікотиноїдів в мікробіомі ґрунту в умовах зрошення.

3.5 Цитотоксична дія фунгіцидних протруйників на проростки сої

Рослини сої протягом вегетаційного процесу уражуються значною кількістю патогенних мікроорганізмів, що здатні значно погіршити якісні і кількісні показники врожаю. Особливо збудники хвороб є небезпечними в ранні строки вегетації, коли спостерігаються низькі ґрунтові температури поряд з високою вологістю. Широке використання протруйників насіння сої забезпечує достатній контроль розвитку багатьох хвороб на початкових етапах органогенезу культури і викликає їх пригнічення на більш пізніх фазах розвитку рослин.

Найчастіше насіння сої є резерватом патогенних грибів з родів *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Diaporthe* (*Phomopsis*), збудників антракнозу (*Colletotrichum glycines* Hori, *C. truncatum* (Schw.) Andrus et W.D. Moore), церкоспорозу *Cercospora sojina* Hara, несправжньої борошнистої роси *Peronospora sojae* Lehman et Wolf та інших. Крім того, посушливі умови під час збирання врожаю можуть викликати розтріскування насіння, що також сприяє їх ураженню гнилями.

Одним з найбільш поширених і небезпечних збудників хвороб сої є гриби з роду *Fusarium* Link, які здатні розвиватись в ґрунті та на рослинних рештках і вести сапрофітний спосіб життя, але за сприятливих умов, таких як висока вологість та знижена температура, переходити до паразитарного

способу життя. В таких випадках міцелій патогенів проникає в епідерміс і зародок насінини, що викликає загнивання.

В буртах з підвищеною вологістю також розвиваються плісняві грибки, які щорічно уражують 3,7-5,6% насінневого матеріалу. Ці збудники здатні пошкоджувати насіння як в полі протягом періоду дозрівання і збирання врожаю, так і в зерносховищах. Симптомами розвитку багатьох хвороб на насінні сої є зморшкуватість, втисненість, плямистість, зміни кольору, сіруватий наліт на поверхні.

Слід зазначити, що значна кількість сучасних препаратів, які використовуються для протруювання насіння, мають ряд негативних побічних ефектів. Одним з головних серед них вважається пошкодження генетичного матеріалу оброблених рослин, пригнічення мітотичних процесів, затримка росту. Зокрема на модельних об'єктах *Vicia faba* L. та *Allium cepa* L. отримані чисельні дані щодо впливу пестицидів на поділ клітин та хромосомну морфологію меристематичних клітин кореня і пагона. Показано, що під дією пестицидів особливо при високих нормах витрати може відбуватись індукція різноманітних хромосомних аномалій, таких як злипання, фрагменти, поділ хроматид, порушення в метафазі, С-мітоз, відставання, передчасне рух і запізнення поділу та інші [371, 397, 399].

Тому наші дослідження були спрямовані на встановлення динаміки ростових процесів в апікальних меристемах паростків сої під дією обробки препаратами, що використовуються для протруювання насіння.

Проведене дослідження виявило досить високий рівень ураженості насінневого матеріалу сорту Аннушка збудниками хвороб сої. Так, візуальний аналіз фракцій зерна показав, що в середньому до 26% насінин мають внутрішню інфекцію, що викликана мікроорганізмами. В результаті мікроскопічного аналізу було виявлено, що в патогенному комплексі домінували збудники фузаріозу (*Fusarium spp.*), сім'ядольного бактеріоза

(бактерії родів *Pseudomonas* і *Xanthomonas*), пліснявіння насіння (гриби родів *Cladosporium*, *Acremonium*, *Rhizoctonia*, *Phoma*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Botrytis*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Trichothecium*, *Fusarium*, *Sclerotinia sclerotiorum* (d.By.) Korf. et Dumont, *Cylindrosporium concentricum* Grev.), альтернаріозу (збудник *Alternaria tenuis* Nees).

В зерновій фракції виявлено в середньому до 16% насінневого матеріалу з зовнішніми ознаками ураження збудниками фомопсису, пероноспорозу, фузаріозу, пліснявіння, альтернаріозу, а саме зміни кольору, зморшкуватість, щуплість. До 4% насінин в середньому були ушкоджені шкідниками і 4% мали механічні пошкодження. Таким чином, була встановлена доцільність застосування протруйників на досліджуваних зразках насіння для підвищення показників схожості.

Проведена оцінка впливу протруйників на проростання насіння сої виявила, що найвища енергія проростання спостерігалась після протруювання насіння сої композиціями флудіоксоніл, 25 г/л + металаксил-М, 10 г/л та флутріафол, 37,5 г/л + тіабендазол, 25 г/л + імазаліл, 15 г/л на третій день обліку яка становила 52% (табл. 3.7). Схожість насіння після протруювання цими препаратами відповідно становила 69% та 75%, що перевищувало контроль на 4% та 10% відповідно.

Таблиця 3.7

Вплив протруйників на посівні якості насіння сої сорту Аннушка

Варіант	Енергія проростання, %	Схожість, %
Контроль	44	65
Каптан, 350 г/л + карбендазим, 150 г/л	40	66
Флудіоксоніл, 25 г/л + металаксил-М, 10 г/л	52	69
Флутріафол, 37,5 г/л + тіабендазол, 25 г/л + імазаліл, 15 г/л	52	75
Піраклостробін, 200 г/л	47	73
НІР ₀₅	3,1	3,4

Слід припустити, що висока ефективність композиції з складом речовин флутріяфол, 37,5 г/л + тіабендазол, 25 г/л + імазаліл, 15 г/л пов'язана з наявністю тіабендазолу, що відноситься до групи бензімідазолів. Ця речовина досить ефективно стримує розвиток поверхневої інфекції, що викликається збудниками фузаріозу, гельмінтоспоріозу, пліснявіння та сажки. Дія речовини полягає в пригніченні синтезу нуклеїнових кислот, процесів дихання та поділу (мітоз) клітин патогенів, запобіганні проростання спор і формування апресорій. Завдяки своїй контактній-системній дії речовина швидко розповсюджується по рослині і пригнічує розвиток патогенів вже на початкових етапах інфікування насіння.

Слід відзначити, що достатньо висока ефективність протруйника з складом флудіоксоніл, 25 г/л + металаксил-М, 10 г/л в досліді можливо пояснюється впливом діючої речовини флудіоксоніл, яка за деякими даними має високу ефективність проти фузаріозних гнилей. Механізм дії цього реагенту полягає в порушенні функцій клітинних мембран та фосфорилування глюкози в процесі дихання організму патогену. Флудіоксоніл також має тривалий захисний ефект до 30 днів та невисоку системну дію, що можливо впливає на підвищення схожості на сьомий день однак має незначну дію на енергію проростання на третій день після замочування.

За нашими спостереженнями всі випробовувані протруйники слабо стримували ураження збудниками бактеріозу, тому такі показники не враховувались при загальній оцінці дії випробовуваних препаратів (табл. 3.7). Найнижчий відсоток проростків сої інфікованих грибними патогенами був виявлений на варіантах після протруювання препаратом з вмістом флутріяфол, 37,5 г/л + тіабендазол, 25 г/л + імазаліл, 15 г/л за нормою витрати 1,0 л/т показник ураження - 29,3% та незначно поступався йому

варіант з протруюванням композицією каптан, 350 г/л + карбендазим, 150 г/л, ураженість становила 30,8% (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

**Середній відсоток ураження проростків сої сорту Аннушка збудниками
хвороб**

варіант	поширення, %				бактеріоз
	фузаріоз	альтерна ріоз	плісняв іння	всього	
контроль	5,2	30,1	4,9	40,2	12
каптан, 350 г/л + карбендазим, 150 г/л	2,9	27,1	0,8	30,8	10,6
флудіоксоніл, 25 г/л + металаксил-М, 10 г/л	3,3	27,7	2,4	33,4	10,8
флутріафол, 37,5 г/л + тіабендазол, 25 г/л + імазаліл, 15 г/л	1,3	25,9	2,1	29,3	10,8
піраклостробін, 200 г/л	0,8	28,6	1,9	31,3	10,9

Слід відзначити, що всі випробовувані протруйники значно стримували розвиток збудників хвороб проростків сої оброблених на стадії насіння.

Отже, в результаті проведеної оцінки виявлено, що всі випробовувані протруйники проявили високу ефективність дії проти основних груп грибних насінневих патогенів та не високу ефективність дії проти збудників бактеріальних хвороб.

Найбільші показники ефективності пригнічення розвитку патогенів на проростках сої на дослідних варіантах відмічались після обробки насіння препаратами флутріафол, 37,5 г/л + тіабендазол, 25 г/л + імазаліл, 15 г/л та піраклостробін, 200 г/л. На цих варіантах показники ефективності дії становили відповідно проти пліснявіння - 57,1% та 61,2%, проти фузаріозу – 74,2% та 84,6%, проти альтернаріозу – 14,0% та 5,0% (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Технічна ефективність протруйників по відношенню до хвороб, які уражували досліджуване насіння сої сорту Аннушка

Варіант	Технічна ефективність, %			
	фузаріоз	альтерна ріоз	бактеріоз	пліснявіння
каптан, 350 г/л + карбендазим, 150 г/л	44,2	10,0	11,7	83,7
флудіоксоніл, 25 г/л + металаксил-М, 10 г/л	36,5	8,0	10,0	51,0
флутріяфол, 37,5 г/л + тіабендазол, 25 г/л + імазаліл, 15 г/л	74,2	14,0	9,8	57,1
піраклостробін, 200 г/л	84,6	5,0	9,2	61,2

Найменший вплив протруйники мали на затримку ураження бактеріальними хворобами, при цьому технічна ефективність коливалась в межах лише 9,2% - 11,7%. Слід відзначити, що найбільш ефективним проти збудників бактеріозів було застосування протруйника в складі каптан, 350 г/л + карбендазим, 150 г/л за нормою витрати 2,5 л/т (табл. 3.9).

В результаті вивчення впливу протруйників на мітотичну активність меристематичних клітин конуса наростання паростків сої виявлено негативну дію на проліферативну активність таких досліджуваних композицій як каптан, 350 г/л + карбендазим, 150 г/л; флудіоксоніл, 25 г/л + металаксил-М, 10 г/л та флутріяфол, 37,5 г/л + тіабендазол, 25 г/л + імазаліл, 15 г/л.

В ході проведених досліджень було відмічено достовірне зменшення кількості клітин в стані поділу зони апікальних меристем паростків сої після обробки даними протруйниками. Мітотичний індекс на цих варіантах становив відповідно 4,53%, 4,38% та 4,26%, тоді як в контролі мітотичний індекс досягав 4,86% (рис. 3.5).

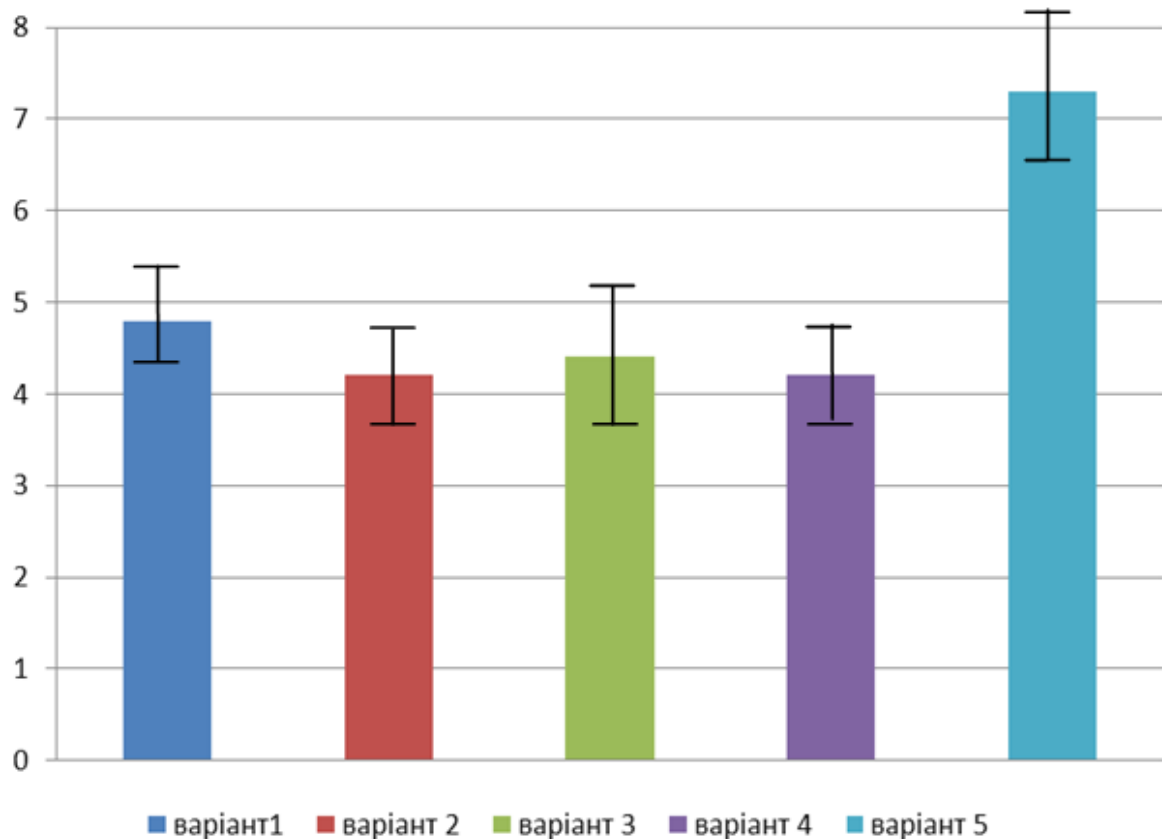


Рис. 3.5. Вплив протруйників на мітотичну активність паростків сої (сорт Аннушка, 2013) : варіант 1 – контроль; варіант 2 - каптан, 350 г/л + карбендазим, 150 г/л; варіант 3 - флудіоксоніл, 25 г/л + металаксил-М, 10 г/л; варіант 4 - флутріафол, 37,5 г/л + тіабендазол, 25 г/л + імазаліл, 15 г/л; варіант 5 - піраклостробін, 200 г/л

Найбільший позитивний вплив на кількість проліферуючих клітин в апікальних меристемах паростків сої відмічено після протруювання речовиною піраклостробін, 200 г/л. Мітотичний індекс на цьому варіанті в середньому становив відповідно 7,3% в порівнянні з контролем – 4,86%. Отримані результати свідчать про цитотоксичну дію речовин що входять до складу композицій каптан, 350 г/л + карбендазим, 150 г/л, флудіоксоніл, 25 г/л + металаксил-М, 10 г/л та флутріафол, 37,5 г/л + тіабендазол, 25 г/л + імазаліл, 15 г/л, які можуть викликати порушення мітотичної активності клітин меристем та зміни в генетичному апараті клітин після обробки насіння сої, що не дозволяють їм перейти до проліферативного процесу.

Зниження кількості меристематичних клітин в стані поділу відповідно призводило до затримки ростових процесів паростків дослідних рослин сої, що було зафіксовано при вимірюванні їх довжини на всіх варіантах (рис. 3.6).

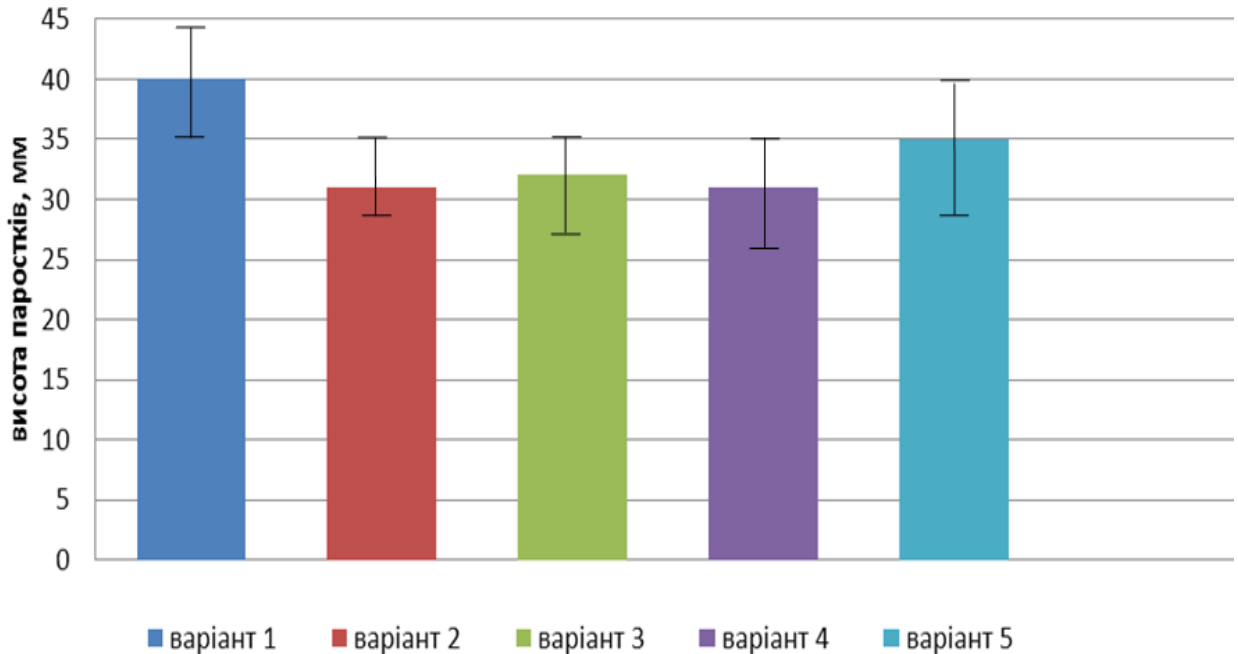


Рис. 3.6. Вплив протруйників на ростову активність паростків сої (сорт Аннушка, 2013): варіант 1 – контроль; варіант 2 - каптан, 350 г/л + карбендазим, 150 г/л; варіант 3 - флудіоксоніл, 25 г/л + металаксил-М, 10 г/л; варіант 4 - флутріафол, 37,5 г/л + тіабендазол, 25 г/л + імазаліл, 15 г/л; варіант 5 - піраклостробін, 200 г/л

В ході досліджень було встановлено, що підвищення мітотичного індексу корелювало з довжиною пагонів дослідних рослин на більшості варіантах досліду (рис. 3.6). Причина цього також, можливо, полягає в руйнуванні генетичного апарату клітин під дією протруйників. При цьому відбуваються перебудови хромосом або порушення в розходженні хромосом в наслідок чого затримується поділ клітин і вони в великій кількості залишаються в стані мітозу [217]. Це призводить до того, що ріст пагона дещо пригнічується внаслідок руйнування і вилучення клітин з незворотними генетичними мутаціями.

Таким чином, найвища енергія проростання спостерігалась у насіння сої протруєного препаратами флудіоксоніл, 25 г/л + металаксил-М, 10 г/л та флутріафол, 37,5 г/л + тіабендазол, 25 г/л + імазаліл, 15 г/л. Найнижчий відсоток проростків сої, інфікованих грибними патогенами був виявлений на варіанті після протруювання флутріафол, 37,5 г/л + тіабендазол, 25 г/л + імазаліл, 15 г/л.

Збільшення мітотичного індексу відзначалось в апікальних меристемах паростків сої після протруювання препаратом піраклостробін, 200 г/л – 7,3%.

Високу цитотоксичність проявили протруйники, що склались з : каптан, 350 г/л + карбендазим, 150 г/л, флудіоксоніл, 25 г/л + металаксил-М, 10 г/л та флутріафол, 37,5 г/л + тіабендазол, 25 г/л + імазаліл, 15 г/л, які пригнічували проліферативну активність меристематичних клітин, що призводило до деякої затримки ростових процесів в паростках сої сорту Аннушка.

Висновки до розділу 3

На основі тестів на гостру токсичність та іммобілізацію гідробіонту *D.magna* були виявлені суттєві відмінності щодо токсичності діючих речовин неонікотиноїдних інсектицидів та їх формуляцій. Серед досліджуваних препаратів найтоксичнішим був тіаклоприд ($EC_{50} = 5-13,5$ мкг/100мл), за ним тіаметоксам ($EC_{50} = 93-159$ мкг /100 мл) та найнижчу токсичність проявив клотіанідин ($EC_{50} > 340$ мкг / 100 мл).

По відношенню до *Daphnia magna* піраклостробін може бути охарактеризований як високо токсичний, а азокситробін – як середньотоксичний.

Діючі речовини неонікотиноїдних інсектицидів (тіаметоксам, тіаклоприд та клотіанідин) по-різному впливають на земляних черв'яків. Виходячи з одержаних значень LK_{50} (> 1000 мг/кг), тіаметоксам практично

не токсичний для *Eisenia fetida* і не класифікується за класом небезпеки. Тіаклоприд слаботоксичний ($ЛК_{50} = 112,58$ мг/кг), і відноситься до 3 класу небезпеки. Клотіанідин є середньотоксичним ($ЛК_{50} = 11,73$ мг/кг) і відноситься до 2 класу небезпеки.

Група фосфатмобілізувальних бактерій збільшувала свою чисельність під дією всіх неонікотіноїдних інсектицидів тіаметоксаму, тіаклоприду та клотіанідину. Однак, статистично значимого впливу доз та тривалості дії випробовуваних інсектицидів не виявлено. Найбільше пригнічувався ріст популяцій мікроорганізмів, які відносяться до міксоміцетів, що виявились найбільш чутливими до дії неонікотіноїдів в мікробіомі ґрунту в умовах зрошення.

Після протруювання препаратом піраклостробін, 200 г/л спостерігалось збільшення мітотичного індексу в апікальних меристемах паростків сої на 7,3%.

Протруйники на основі діючих речовин каптан, 350 г/л + карбендазим, 150 г/л, флудіоксоніл, 25 г/л + металаксил-М, 10 г/л та флутріяфол, 37,5 г/л + тіабендазол, 25 г/л + імазаліл, 15 г/л пригнічували проліферативну активність меристематичних клітин, що призводило до деякої затримки ростових процесів в паростках сої сорту Аннушка.

Викладені в розділі 3 матеріали опубліковано:

В статтях:

Мельничук Ф.С., Марченко О.А., Ретьман М.С. Цитотоксична дія фунгіцидних протруйників на паростки сої. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nd_2015_5_23.pdf

Мельничук Ф.С., Марченко О.А., Коваль Г.В.. Вплив неонікотіноїдних інсектицидів на мікробіом ґрунту на зрошуваних землях.

Аграрні інновації. 2020. № 3. С. 45-53

Тезах доповідей на наукових конференціях:

Мельничук Ф.С., Мельничук Л.М, Шатковська К.Б. Роль біомаркерів в оцінці токсичного впливу на водні екосистеми. Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю «Екологічні та гігієнічні проблеми сфери життєдіяльності людини», (Київ, 12 березня 2019 р., К.: Національний медичний університет імені О.О. Богомольця)

Melnichuk F., Marchenko O., Fedak G., Xue A. Cytotoxic effects of chemical seed treatments on soybean seedlings (Abstr.). *Phytopathology*. 2014. V. 104 (Suppl. 3) S.3.79.

РОЗДІЛ 4

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСІВ ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ В АГРОЦЕНОЗАХ ЗА ЗРОШЕННЯ

4.1 Щільність популяцій ґрунтових шкідників на кукурудзі та озимій пшениці

Широкий розвиток зрошення в країні обумовлює необхідність всебічної науково-практичної оцінки його впливу на формування ентомокомплексів, вивчення особливостей розвитку комах, які пошкоджують сільськогосподарські культури, і в кінцевому підсумку розробки системи захисних заходів на зрошуваних землях.

У зв'язку з вищевикладеним, метою наших досліджень було вивчення впливу зрошення на формування складу та структури ентомокомплексів. У завдання досліджень входило вивчення видового складу комах, визначення динаміки чисельності та структури домінування комплексів фітофагів в зрошуваних і незрошуваних агроландшафтах.

4.1.1 Вплив зрошення на розвиток личинок коваликів в посівах кукурудзи

Дротяники - личинки коваликів (родина Elateridae, ряд твердокрилих або жуків – Coleoptera) пошкоджують різні сільськогосподарські культури (хлібні злаки, кукурудзу, соняшник, буряки, картоплю, тютюн, бавовник, баштанні та багато інших), а також проростки насіння дерев і чагарників.

За даними В.Г. Доліна [51] в Україні нараховується 171 вид родини коваликових, з яких у Поліссі поширені 60, у Лісостепу – 82, у степовій зоні – 51, у Карпатах і Закарпатті – 129, а у гірському Криму – 50 видів. На орних землях зустрічається біля 40 видів, із яких 23 є шкідниками сільськогосподарських культур.

Вивчення біології коваликів проводилося М.С. Гіляровим [32, 33], С.Г. Бобінською [11], Б.В. Добровольським [43], В.Г. Доліним [46, 47, 48, 49, 50], А.С. Космачевським [90, 92, 93], В.А. Кабановим [71, 72], Б.Г. Шуровенковим [221] та рядом інших дослідників.

У більшості видів зимують в ґрунті личинки і жуки, у степового і червоно-бурого коваликів - тільки личинки. Молоді жуки, що вийшли в серпні, не виходячи з колиски, залишаються зимувати в ґрунті на глибині 5 - 15 см. У березні - квітні вони виходять на поверхню і в найбільшій кількості зустрічаються на полях в травні - червні. Личинки степового і червоно-бурого коваликів заляльковуються на початку червня, жуки літають з кінця червня, масовий літ спостерігається з середини до кінця липня. Плодючість самок окремих видів становить від 30 до 200 і навіть 500 яєць.

В умовах Лісостепу України коваликові поширені повсюдно. Вони є найнебезпечнішими шкідниками, оскільки пошкоджують різноманітні сільськогосподарські культури, особливо кукурудзу, картоплю та овочеві.

Посуха негативно впливає на яйця. На поливних землях, під густим високим травостоем (люцерна, зернові культури) для їх розвитку створюються сприятливі умови. Дуже чутливі до вологості середовища яйця навіть такого південного виду, як червоно-бурий ковалик, самки якого відкладають яйця в другій половині липня, тобто в найбільш посушливу пору року. У дослідях при температурі 20-30 °С і сухому ґрунті (40%) 43% яєць висохло, а личинки, що вийшли із решти яєць – загинули [153]. При вологості ґрунту 70% відродилося 87% личинок і всі вони в подальшому були життєздатні.

Самки відкладають яйця в ґрунт (в першу чергу на посівах багаторічних трав і сильно засмічених ділянках) на глибину 1-10 см по одному або групами по 3-5. Розвиток яєць триває 2-20 і більше днів. Молоді личинки більшості видів виходять в червні - липні, їх розвиток триває до 3-4 років. Навесні личинки тримаються в поверхновому шарі ґрунту, влітку ж у

міру висихання ґрунту мігрують на глибину 30-45 см, деякі до 1 м (в цілому ковалики відносяться до гігрофільних груп). Зимують дротяники на глибині 30-60 см, рідше - до 1 м. Перед залялькуванням личинка робить в ґрунті на глибині 5-15 см колицку з ущільненими і гладкими всередині стінками, що оберігає лялечку від висихання і механічних пошкоджень. Розвиток лялечок триває 10-25 днів. Живуть до 4-5 років, залежно від ґрунтово-кліматичної зони [50, 72, 154].

До найбільш поширених коваликів в Україні належать такі види: широкий (*Selatosomus latus* F.), блискучий (*Selatosomus aeneus* L.), чорний (*Athous niger* L.), бурногий (*Melanotus brunnipes* Germ.), темний (*Agriotes obscurus* L.), посівний (*Agriotes sputator* L.), західний (*Agriotes ustulatus* Schall.) і степовий (*Agriotes gurgistanus* Fald.).

Порівняння видового складу і чисельності личинок коваликів у ґрунтах різних кліматичних зон вказує, що кожен зональний тип ґрунту може бути охарактеризований притаманним йому комплексом представників цієї групи комах, що може слугувати надійним індикатором типу ґрунту [32, 394].

В степовій зоні найбільш часто зустрічаються степовий, широкий, посівний ковалики, які виносять значні коливання гідротермічних умов. Не типові для степів смугастий та темний ковалики, вони більш чутливі до підвищених температур і зниження вологості, раніше інших йдуть у нижні шари ґрунту при його підсиханні. Личинки посівного, смугастого, темного дротяників надають перевагу зволоженим шарам зі зниженою температурою, а широкого і степового – є більш стійкими до висихання ґрунту. При цьому личинки степового ковалика пристосувалися до значних втрат води, що дозволяє їм вижити в посушливих умовах. Адаптований в степовій зоні і червоно-бурий ковалик.

Постійними резерватами дротяників є обочини каналів, лісосмуг, доріг, а також посіви багаторічних трав, Тут їх чисельність може сягати кількох десятків, а іноді й сотень екземплярів на 1 м².

У посушливі роки ці фітофаги завдають значної шкоди рослинам. При цьому вони зріджують посіви настільки, що часто виникає необхідність у пересівах [67].

Особливо сильна шкідливість дротяників проявляється в умовах зрошеного землеробства півдня України, де складаються найбільш сприятливі умови для їх життєдіяльності. Так, у 1973 р. в Криму від дротяників загинули посіви кукурудзи на площі 20 тис. га [192].

Сильна шкідливість, що завдається дротяниками в посушливих районах при відносно малій їх чисельності, обумовлена високими температурами весняно-літніх місяців, що сприяють посиленому харчуванню і прискореного розвитку личинок. Інтенсивне пошкодження посівів визначається і недоліком тут води - комахи добувають її з соковитих рослин. У південних районах велика частина личинок зимує на глибині орного шару. Навесні він швидко прогрівається, в зв'язку з чим до моменту сівби просапних та деяких інших культур дротяники знаходяться в активному стані і відразу починають пошкоджувати насіння.

При зрошенні чисельність дротяників різко зростає. Особливо помітно чисельність коваликів збільшується при зрошенні заплавних земель. Кількість тих, що виживають ґрунтоживучих шкідників на зрошуваних землях на 78-90% вище, ніж на богарних. У модельних дослідах число личинок, що збереглися в потомстві однієї самки, становило в середньому: в умовах без поливу – 6,8%, при зрошенні артезіанською водою - 34,5%, при обробленні на зрошуваній ділянці пожнивних культур – 48,6% [193].

При певних умовах ковалики здатні наносити значної шкоди посівам культурних рослин на зрошуваних землях. Слід зазначити, що шкідливість дротяників в умовах зрошення знаходиться в зворотній залежності від кількості гумусу в ґрунті і кількості бур'янів. У Молдавії поливні овоче-баштанні культури в ранньовесняний період пошкоджуються дротяниками на 15-30% і більше [62]. При наявності великих вогнищ шкідника (40-60 екз./м²)

значне зрідження і навіть пересівання зрошуваною кукурудзи, соняшнику, баштанних і інших просапних культур відзначалися на Україні [51? 192].

У той же час на Нижньому Дону і Північному Кавказі, не дивлячись на помітне збільшення чисельності дротяників при зрошенні, що наноситься ними посівам культурних рослин шкоду, як правило, порівняно невеликий. Так, в господарстві Ростовської області на поливних бурякових полях при щільності личинок 40-50 екз/м² загиблі рослини склали 2-3%, в той час як на богарних посівах буряку при 5-8 екз / м² - близько 5%. Навіть при чисельності личинок 100 екз/м² і більше при великій кількості вологи і перегною помітних пошкоджень посівів буряка і деяких інших культур може не спостерігатися. Причини цього явища полягають в переході дротяників в умовах достатньої вологості до часткової сапрофагії, відволікання їх від культурних рослин і інтенсивного живлення при поливах проростками бур'янів. Обліки пошкодження сходів кукурудзи показують (Подкопай, 1964), що при одній і тій же чисельності личинок широкого ковалика на одиницю площі (0,6 екз/м²) на ділянці без зрошення загинуло більше рослин (5,1%), ніж на ділянках з поливом (3,8%).

Економічний поріг шкідливості дротяників при зрошенні - 10-30 екз./м² і більше (в залежності від культури і вмісту гумусу).

Шкідливість личинок коваликів залежить не тільки від погодних умов весни, що впливають на інтенсивність вертикальної міграції цих шкідників і, відповідно, початок пошкодження рослин, але й від їх видового складу. Адже для повноцінного розвитку різних видів є більш та менш сприятливі кормові рослини. Зокрема, личинки роду *Agriotes* живляться переважно проростаючими насінинами та коренями злаків, тому формування осередків їх підвищеної чисельності пов'язано зі злаковою рослинністю. Серед личинок так званих «злакових коваликів» є деякі представники, розвиток яких не залежить від наявності рослин родини Poaceae – *Agriotes gurgistanus* Fald. (ковалик степовий). Характерною відмінністю личинок цього виду від

інших представників роду *Agriotes* є те, що вони продовжують живитися рослинами цукрових буряків, залишаючись у верхніх шарах ґрунту, навіть, за значного зниження їх зволоженості.

За даними Міноранського В. А. [135] співвідношення коваликів по видовому складу змінюється і під впливом поливів. Незважаючи на гігрофільність всіх дротяників, на давно зрошуваних ділянках скорочується відсоток таких типово степних, домінуючих на богарних землях видів, як степовий і червоно-бурий ковалики, а на інтенсивно поливних ділянках вони нерідко зникають повністю. У той же час зазначені види позитивно реагують на вологість, і в перші роки зрошення їх кількість зростає.

Тому, встановлення домінантних видів серед личинок коваликів агробіоценозу кукурудзяного поля в умовах зрошення є важливим для уточнення ступеню загрози від них посівам культури, а також для дослідження основних факторів, що впливають на формування даного співвідношення видів.

Для уточнення видового складу личинок коваликів використовували ентомологічний матеріал, зібраний під час розкопувань ґрунту, який фіксували у 70%-ому етиловому спирті. Обліки проводили на полях кукурудзи за зрошення та без зрошення.

Всього за роки досліджень в кукурудзяному агроценозі виявлено 7 видів коваликів з таких родів: *Agriotes* Esch., *Agrypnus* Esch., *Athous* Esch., *Selatosomus* Steph. Найбільш чисельними були представники з роду *Agriotes* Esch., до якого відноситься 3 види. До роду *Selatosomus* Steph належало 2 види, з інших родів зустрічались по одному виду. Слід відмітити, що роди які представлені найбільшою кількістю видів (*Agriotes* Esch., *Selatosomus* Steph) включають небезпечних фітофагів культурних рослин.

Дослідження, проведені на посівах кукурудзи засвідчили, що за відсутності зрошення виявляли 7 видів шкідника: ковалик степовий (*Agriotes gurgistanus* Fald.), ковалик сірий (*Agrypnus murinus* L.), ковалик широкий

(*Selatosomus latus* F.), ковалик посівний (*Agriotes sputator* L.), ковалик темний (*Agriotes obscurus* L.), ковалик чорний (*Athous niger* L.), ковалик блискучий (*Selatosomus aeneus* L.).

Протягом 2015-2018 років в комплексі дротяників домінував ковалик степовий (*Agriotes gurgistanus* Fald.), щільність популяції якого була на рівні 4,3-9,5 екз./м², що в чотирьох роках з п'яти становило більше половини загальної чисельності даної групи шкідників (табл. 4.1). Частка його становила від 41,0 до 69,3 % від загальної кількості зібраних комах-фітофагів

Таблиця 4.1

Видовий склад личинок коваликів на посівах кукурудзи без зрошення

Вид	2015 р.		2016 р.		2017 р.		2018 р.	
	чисельність, екз./ м ²	частка, %	чисельність, екз./ м ²	частка, %	чисельність, екз./ м ²	частка, %	чисельність, екз./ м ²	частка, %
Ковалик степовий (<i>Agriotes gurgistanus</i> Fald.)	4,3	41,0	9,5	69,3	6,8	54,0	5,8	57,4
Ковалик сірий (<i>Agrypnus murinus</i> L.)	1,8	17,1	1,8	13,1	2,6	20,6	2,9	28,7
Ковалик широкий (<i>Selatosomus latus</i> F.)	2,1	20	0,8	5,8	1,3	10,3	0,5	5,0
Ковалик посівний (<i>Agriotes sputator</i> L.)	0,6	5,7	0,8	5,8	0,1	0,8	0,3	3,0
Ковалик темний (<i>Agriotes obscurus</i> L.)	1,5	14,3	0,2	1,5	0,2	1,6	0,2	2,0
Ковалик чорний (<i>Athous niger</i> L.)	0,2	1,9	0,3	2,2	0,5	4,0	0,1	1,0
Ковалик блискучий (<i>Selatosomus aeneus</i> L.)	0	0	0,3	2,2	1,1	8,7	0,3	3,0
Всього	10,5	100	13,7	100	12,6	100	10,1	100

В 2015 році, який характеризувався нижчою чисельністю личинок ковалика степового, його частка була також меншою і становила 41,0%, проте загальна тенденція щодо домінування цього виду збереглася.

Максимальним рівнем заселення характеризувався 2016 рік – 4,3 екз./ м². Частка даного виду в комплексі тоді також була найбільшою і становила 69,3%.

Личинки ковалика сірого (*Agrypnus murinus* L.) знаходились на другому місці за щільністю популяції, яка становила протягом періоду досліджень 1,8-2,9 екз./ м². Частка його була на рівні від 13,1% в 2015 році до 28,7% - у 2018 році. Також у 2015 році до домінуючих видів можна віднести ковалика широкого (*Selatosomus latus* F.). Його чисельність досягала 2,1 екз./ м², а частка в популяції дорівнювала 20%. Цього ж року спостерігалась і досить висока чисельність личинок ковалика темного – 1,5 екз./ м² з часткою відповідно 14,3%. Погодні умови 2015-2018 рр. сприяли розвитку даних видів. Такі види як *Athous niger* та *Selatosomus aeneus* зустрічались в меншій кількості.

На зрошенні до комплексу дротяників входили ті ж самі 7 видів, проте їх чисельність та співвідношення відрізнялись від показників, одержаних при проведенні обліків на богарних посівах (табл. 4.2).

В умовах зрошення на посівах кукурудзи найбільш чисельним був ковалик посівний (*Agriotes sputator* L.), щільність популяції якого за роками досліджень варіювала в межах від 5,8 до 11,2 екз./ м² (табл. 4.2). Зокрема у 2015 та 2018 роках його частка від загального збору складала 56,4-57,1%. В інші роки кількість його була меншою. Аналізуючи вікове співвідношення личинок ковалика посівного виявлено, що переважали дротяники другого і третього років життя. Частка личинок першого і четвертого років життя була нижчою за відповідний показник особин L₂₋₃.

Частка ковалика темного від загального збору в умовах зрошення становила 29,6-35,2%. Найбільша чисельність його відмічалась у 2015 році – в середньому 6,9 екз./ м² (35,2%), в подальші роки щільність дещо зменшилась, так у 2018 році сягала 29,6 %. У 2015 році переважали личинки другого і четвертого років життя, першого були відсутні. За умов 2016-2017

років спостерігалась перевага личинок другого і третього віків. Обліками 2018 року встановлено, що переважали личинки другого року, а першого та четвертого були на однаковому рівні.

Таблиця 4.2

Видовий склад личинок коваликів на посівах кукурудзи за зрошення

Вид	2015 р.		2016 р.		2017 р.		2018 р.	
	чисель- ність, екз./ м ²	част- ка, %	чисель- ність, екз./ м ²	част- ка, %	чисель- ність, екз./ м ²	част- ка, %	чисель- ність, екз./ м ²	част- ка, %
Ковалик посівний (<i>Agriotes sputator</i> L.)	11,2	57,1	5,8	48,3	7,1	50,4	10,1	56,4
Ковалик темний (<i>Agriotes obscurus</i> L.)	6,9	35,2	4,2	35,0	4,8	34,0	5,3	29,6
Ковалик сірий (<i>Agrypnus murinus</i> L.)	0,1	0,5	1,2	10,0	1,3	9,2	0,8	4,5
Ковалик блискучий (<i>Selatosomus aeneus</i> L.)	0,6	3,1	0,3	2,5	0,4	2,8	1,2	6,7
Ковалик степовий (<i>Agriotes gurgistanus</i> Fald.)	0,2	1,0	0,1	0,8	0,2	1,4	0,1	0,6
Ковалик широкий (<i>Selatosomus latus</i> F.)	0,5	2,6	0,2	1,7	0,1	0,7	0,3	1,7
Ковалик чорний (<i>Athous niger</i> L.)	0,1	0,5	0,2	1,7	0,2	1,4	0,1	0,6
Всього	19,6	100	12,0	100	14,1	100	17,9	100

Ковалик сірий (*Agrypnus murinus*) в 2015 році практично не зустрічався (0,1 екз./ м²), в наступні ж роки його чисельність теж була невисокою – 0,8-1,3 екз./м². Личинки ковалика широкого та ковалика степового, на відміну від посівів, що вирощувались на богарі, значного поширення не мали.

В середньому за роки досліджень прослідковуються відмінності у комплексі личинок коваликів в посівах кукурудзи залежно від наявності зрошення. На богарі найвищу частку в комплексі видів мав *Agriotes*

gurgistanus – 56,3%, також широко поширеними були *Agrypnus murinus* і *Selatosomus latus*, частка яких була на рівні 19,4% та 10% відповідно в середньому за роки проведення досліджень (рис. 4.1).

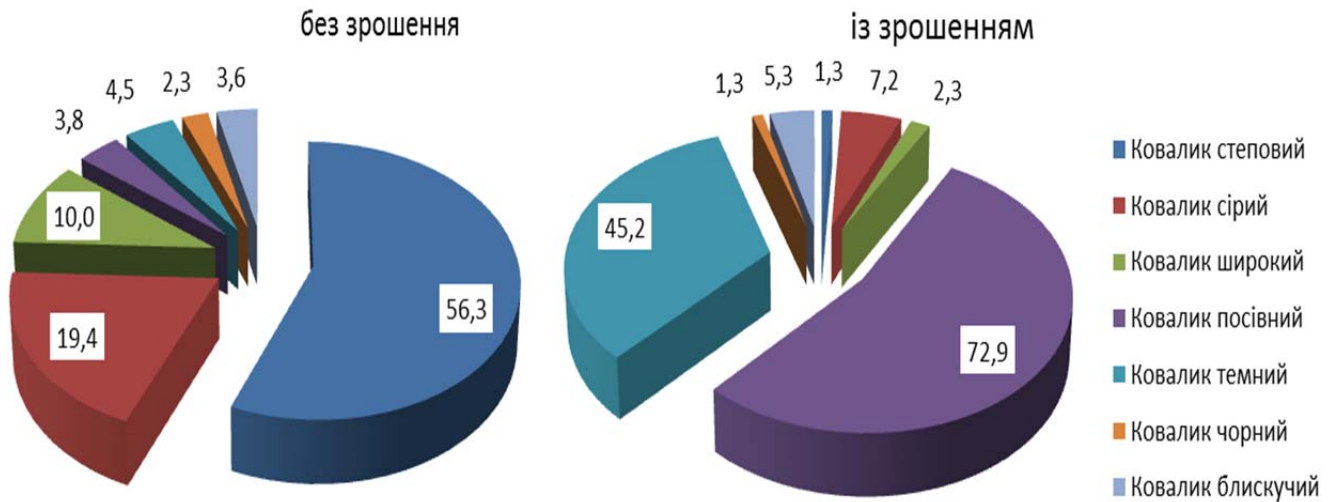


Рис. 4.1. Структура видового складу личинок коваликів в посівах кукурудзи (2015-2018 роки)

За зрошення дані види були поширеними істотно менше – їх частка була від 1,3 до 7,2%. В той же час переважали такі види як *Agriotes sputator* і *Agriotes obscurus* з питомою часткою відповідно 72,9% та 45,2%. При цьому за відсутності зрошення частота їх трапляння була на рівні 3,8-4,5%.

Без зрошення посівів чисельність личинок коваликів широкого й сірого в середньому досягала 1,2-2,3, а степового - 6,6 екз./м² що в середньому відповідно у 2,6-4 та 33 рази більше по відношенню до їх середнього рівня, який спостерігався на зрошенні. При зрошенні найбільшої уваги в посівах кукурудзи потребують ковалики темний і посівний. Їх кількість в середньому була на рівні 5,3 та 8,6 екз./м² що в 10,6-17,2 рази більше чим у середньому на богарі.

Дисперсійний аналіз експериментальних даних щодо сумарної чисельності дротяників на посівах кукурудзи за зрошення та при його відсутності дозволив визначити вплив досліджуваних чинників на заселеність посівів кукурудзи личинками коваликів. Встановлено що наявність зрошення устанавлює 40,5% варіювання досліджуваної ознаки, а його взаємодія з погодними чинниками забезпечує на 46,8 % збільшення чисельності дротяників в посівах кукурудзи (рис. 4.2). Тобто полив сприяє кількісному росту щільності популяції личинок коваликів в посівах кукурудзи що потрібно враховувати при розробці строків і схем поливу. Висока частка взаємодії чинників «зрошення» та «погодні умови» свідчить, що застосування поливу може в різному ступені впливати на чисельність шкідника залежно від певних метеорологічних умов, що спостерігаються в період вегетації культури.

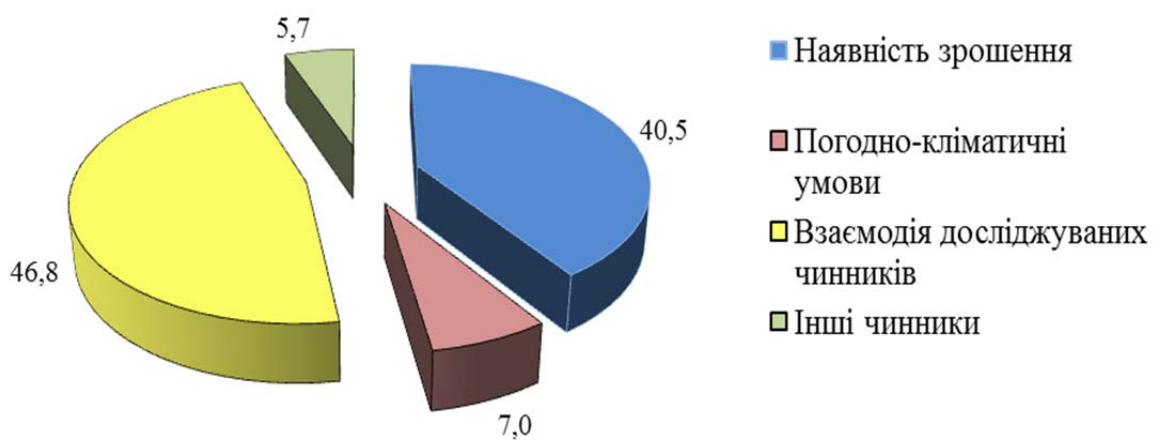


Рис. 4.2 Вплив досліджуваних чинників на щільність популяцій коваликів в посівах кукурудзи

Аналізуючи дані обліків личинок коваликів, бачимо, що в 2016-2017 роках незалежно від наявності зрошення чи його відсутності сезонна чисельність дротяників в посівах коливалась в межах 12,1-14,0 екз./м², яка може розглядатися як типова (таблиця 3.3). В 2015, 2018 роках при зрошенні

відмічали їх найбільшу щільність - на рівні 17,0-20,4 екз./м². . Мінімальний рівень заселення личинками коваликів спостерігався у 2015 та 2018 роках на богарі – в межах 9,9-10,7 екз./м².

Таблиця 4.3

Особливості сезонної щільності популяції личинок коваликів в посівах кукурудзи

Показник	Показники заселення посівів		
	Типовий	Найменший	Найбільший
Середнє, екз./м ²	13,1±0,48	10,3±0,20	18,7±0,85
Інтервали (p=0,95), екз./м ²	12,1-14,0	9,9-10,7	17,0-20,4
± до типового заселення, %	-	-21,4	+43,1
Періоди досліджень, роки	2016-2017	2015, 2018	2015, 2018
Наявність зрошення	+	-	+
Без зрошення	+	+	-

Зміни у режимі зволоження ґрунту, викликані проведенням поливів, призвели до трансформації структури комплексу личинок коваликів, а саме домінування видів *Agriotes sputator* L. і *Agriotes obscurus* L., які віддають перевагу зволоженим ґрунтам.

Дослідження видового складу і чисельності фітофагів родини Elateridae, екологічних особливостей їх розвитку на основі моніторингу агроценозів кукурудзи є одним із провідних елементів для розробки систем інтегрованого захисту культури.

4.1.2. Вплив зрошення на розвиток совки озимої в посівах пшениці озимої та кукурудзи

На посівах кукурудзи питання оптимізації вологозабезпеченості традиційно реалізують методом дощування. Однак на практиці є випадки, коли цей спосіб поливу застосовувати технологічно неможливо або недоцільно.

Основних чинників, що лімітують використання дощування на сільськогосподарських культурах, кілька: поле зі складним рельєфом – ухил більше 0,02-2 м на 100 м; поле складної геометрії; солонцюваті ґрунти, які мають низьку водопроникність; важкі глинисті, піщані або супіщані ґрунти; великі відстані і перепад висот від джерела поливу до поля. За таких умов потрібно розглядати варіант краплинного зрошення. У цьому відношенні кукурудза – порівняно нова культура, на посівах якої використання цього способу поливу ще не достатньо вивчене та поширене [213].

Дослідженнями встановлено, що застосування зрошення забезпечує зміну структури, хімічного складу ґрунту, а також впливає на його аерацію. Результатом проведення штучних поливів є зміна інтенсивності фізіологічних процесів у рослинах, їх біомаси, видового складу бур'янів у агроценозах. Перелічені чинники в подальшому істотно позначаються на видовому та кількісному складі ентомофауни агроценозів, у тому числі пшениці озимої та кукурудзи [154].

Родина совок одна з найчисленніших і поширених ряду лускокрилих. Спалахи розмноження деяких видів цього шкідника є причиною втрат врожаю багатьох сільськогосподарських культур [176]. Одночасно, вказаний фітофаг привертає увагу фахівців із захисту рослин, оскільки включає значну кількість високоспеціалізованих видів, пов'язаних переважно з трав'янистими рослинами.

На думку деяких дослідників [113], для успішної розробки практичних питань щодо раціонального природокористування і збереження природного потенціалу корисної біоти, необхідно проводити своєчасні екологофауністичні регіональні зведення за різними групам комах, у тому числі і лускокрилих родини совок.

Аналіз літературних джерел свідчить, що вплив зрошення на особливості біологічного розвитку популяції фітофагів, зокрема і совок,

неоднозначний. Згідно з результатами досліджень Міноранського В.А., чисельність вказаних шкідників може, як збільшуватися, так і зменшуватися, що залежить від особливостей абіотичних, гідроедафічних, біотичних та інших чинників [135].

Дослідження із впливу зрошення на розвиток певних видів комах проводилися вченими з різних країн. Так, А. Erasmus відмічає, що оптимальні гідротермічні умови, достатня кількість квітучої рослинності під час льоту метеликів – є одними із чинників, які сприяють збільшенню яйцепродукції самиць совки озимої. Одночасно, довший період вегетації зернових культур, більша вологозабезпеченість рослин та ґрунту покращують умови живлення гусені, сприяють накопиченню необхідних для перезимівлі жирових резервів, підвищуючи плодючість імаго [305].

Дослідженнями Mabuda Khathutshelo виявлено роль за умов зрошення ентомофагів та хвороб у обмеженні чисельності зернових совок у агробіоценозах. Більшість імаго корисних комах потребують додаткового живлення нектаром квітів, кількість яких збільшується за достатньої вологозабезпеченості посівів культури, що, так само, сприяє підвищенню плодючості паразитів [351].

Встановлено, що зрошення створює додаткові можливості для захисту культурних рослин від фітофагів. Так, сама поливна вода є дієвим засобом у боротьбі з низкою шкідників. За цього слід ураховувати, що застосування поливів у захисті рослин дає позитивні результати у випадку, коли за часом їх проведення вони співпадають із певними фазами росту рослин та фенологічними стадіями розвитку шкідників (вік гусені, покоління) [136].

За поєднання термінів, норм та способів поливу із певними фазами розвитку фітофагів, зрушення їх фенології у відношенні до рослин, поєднання найбільш вразливих стадій розвитку окремих культур із масовою появою небезпечних для них комах, створюються умови для захисту посівів

кукурудзи від загрози втрат врожаю.

В Україні цілеспрямованих досліджень щодо встановлення впливу застосування зрошення (крапельного та фоліарного) на біологічний розвиток та, відповідно, можливості регулювання чисельності совки озимої, не проводилось.

За поєднання термінів, норм та способів поливу із певними фазами розвитку фітофагів, зрушення їх фенології у відношенні до рослин, поєднання найбільш вразливих стадій розвитку окремих культур із масовою появою небезпечних для них комах, створюються умови для захисту посівів кукурудзи від загрози втрат врожаю.

Метою досліджень було встановлення впливу застосування крапельного та фоліарного зрошень на фенологічні та біологічні особливості розвитку озимої совки. Тому, одним із основних завдань досліджень є визначення залежності коливання чисельності фітофага від виду зрошення.

Спостереженнями встановлено, що строки появи озимої совки в посівах сільськогосподарських культур коливаються за роками, на що впливають зміни метеорологічних умов. Важливе практичне значення має встановлення строків появи гусениць I-II віку весняної генерації, оскільки вони є більш небезпечними для рослин кукурудзи, порівняно з наступним поколінням.

Зазвичай, появу перших лялечок спостерігали у III декаді квітня-I декаді травня. Літ метеликів у роки досліджень фіксували впродовж II декади травня по II декаду червня. Тобто, він був надзвичайно розтягнутим у часі (табл. 4.4).

Гусениці першого віку з'являлись в середньому в період першої-другої декади червня, тобто відбувалось накладання в часі трьох фенофаз шкідника, а саме льоту метеликів, відкладання яєць та появи гусені нової генерації.

Таблиця 4.4

Розвиток озимої совки за умов Південного Степу України

Рік	Строки початку фенофази, (декада/місяць)			
	поява лялечок (P)	літ метеликів (Im)	відкладання яєць (Ov)	поява гусениць (L ₁ -L ₆)
2014	I/5	II/5-II/6	I-II/6	II/6
2015	III/4	I/5-I/6	II/5	I/6
2016	I/5	II/5-II/6	III/5	II/6
2017	I/5	II/5-II/6	I/6	II/6
2018	III/4	II/5-I/6	II/5	III/5
Середнє	III/4-I/5	II/5-II/6	III/5-I/6	I-II/6

За умов Південного Степу України появу лялечок спостерігали за накопичення суми ефективних температур вище 10°C в середньому 212,7°C. Сума ж опадів на цей час в середньому становила 55 мм (табл. 4.5). Початок льоту метеликів відбувався за суми ефективних температур 444°C й тривав протягом місяця. Для відкладання яєць необхідно було накопичення ефективних температур вище 10°C в сумі 562°C. Початку відродження личинок відповідала сума температур 907°C.

Таблиця 4.5

Погодні особливості динаміки розвитку озимої совки за умов Південного Степу України (середнє за 2014-2018 роки)

Показник	Стадії розвитку			
	Поява лялечок (P)	Початок льоту метеликів (Im)	Відкладан ня яєць (Ov)	Поява гусениць (L ₁ -L ₆)
Сума ефективних температур більше 10 °C	212,7	444,0	562,0	907,0
Сума опадів, мм	55,46	74,46	107,82	131,66

Досліджено вплив поливу на чисельність личинок п'явиці та гусениць совки озимої в посіах пшениці озимої. Зрошення здійснювали методом дощування. Строки проведення поливів відповідали фенологічним фазам розвитку совки озимої «масове відкладання яєць» та «відродження гусениць».

Досліджено, що фоліарне зрошення (табл. 4.6) у період масового відкладання яєць та відродження гусениць озимої совки, сприяє суттєвому зниженню (на 6,8-67,7%) чисельності даного виду шкідника, порівняно до умов без застосування поливу.

Таблиця 4.6

Вплив поливу методом дощування на чисельність п'явиці та совки озимої в посіах пшениці озимої

Рік	Варіант	Чисельність шкідників, екз./м ²			
		п'явиця, екз./ м ²	відношення до умов богару, %	совка озима, екз./м ²	відношення до умов богару, %
2014	без поливу	5,2		2,5	
	зрошення	3,4	-65,3	0,5	-20
	НІР ₀₅	1,3		0,8	
2015	без поливу	3,8		5,5	
	зрошення	2,2	-57,8	3,4	-6,8
	НІР ₀₅	0,8		1,2	
2016	без поливу	7,2		7,0	
	зрошення	4,4	-61,1	7,2	+2,8
	НІР ₀₅	1,6		2,4	
2017	без поливу	6,0		4,0	
	зрошення	5,5	-9,1	2,2	-55
	НІР ₀₅	1,2		1,6	
2018	без поливу	2,5		6,2	
	зрошення	0,7	-28	4,2	-67,7
	НІР ₀₅	1,1		1,5	

Так, якщо на богарі в середньому чисельність даного шкідника становила 5,0 екз./м² з варіюванням по роках досліджень від 2,5 до 7,0

екз./м², то за зрошення вона протягом 2014-2018 років була на рівні 3,5 екз./м². При цьому більший рівень зниження чисельності шкідника відзначався у 2014, 2017 та 2018 роках, які характеризувались нижчим рівнем зволоження в природних умовах в період відродження личинок.

При зрошенні створюються умови достатньої вологості також зростає кількість квітучих видів рослин та бур'янів, що, у свою чергу, викликає різке підвищення плодючості самок. Проте, саме полив методом дощування у період відкладання метеликами яєць та відродження гусені сприяють масовій загибелі шкідника. При цьому, більшість яєць та личинок при дощуванні гине у підсохлій кірці ґрунту.

Чисельність личинок п'явиці на богарі становила в середньому за роки досліджень 4,9 екз./м². За зрошення цей показник був значно нижчим – 3,2 екз./м². При застосування поливу методом дощування на посівах пшениці озимої спостерігалась така ж тенденція, як і щодо озимої совки - зниження чисельності порівняно до умов без зрошення становило від 9,1 до 65,3%.

Оскільки погодні умови поряд з іншими факторами, зокрема з досліджуваним чинником «наявність зрошення», справляють істотний вплив на розвиток шкідника та щільність його популяції, при розгляді результатів експериментів, наведених в табл. 4.6, було виокремлено «рік» як комплексний чинник, що характеризує агрометеорологічні умови конкретного вегетаційного періоду.

За результатами проведеного двофакторного дисперсійного аналізу встановлено, що обидва чинники істотно впливають на показники чисельності шкідників (рис. 4.3). При цьому, як щодо п'явиці, так і щодо озимої совки, в більшому ступені це проявлялось для чинника «рік», частка впливу якого на варіацію результуючої ознаки становила відповідно 75,4 і 82,1%, тоді як на чинник «наявність зрошення» припадало 20,8 та 13,5% відповідно. Вплив інших чинників та взаємодія досліджуваних факторів були неістотними.

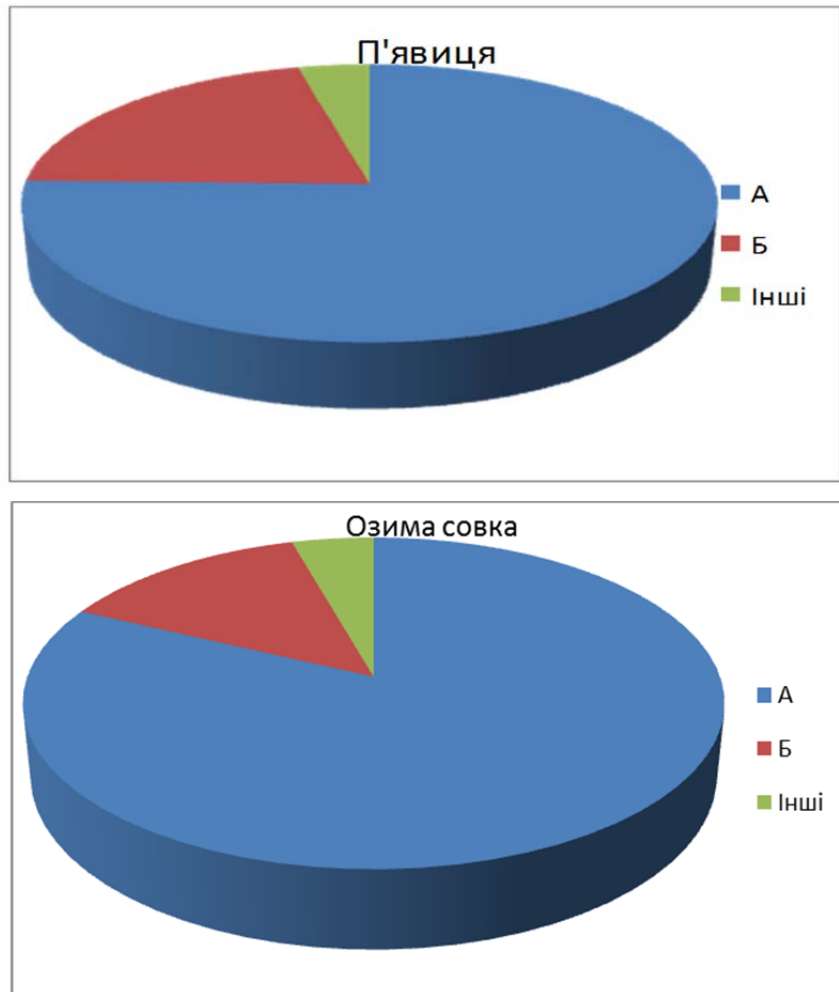


Рис. 4.3. Вплив досліджуваних чинників на чисельність шкідників в посівах пшениці озимої: А – погодно-кліматичні умови, Б – наявність зрошення

Також досліджено, що гусениці молодших віків за умов штучного поливу більш чутливі до ураження збудниками грибних хвороб (табл. 4.7). Визначення збудників інфекцій засвідчило, що ураження викликаються ентомопатогенними видами ентомофторових грибів *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. та *B. tenella* (Delacr.), активність яких зростає за умов підвищеної вологості агробіоценозу.

Так, згідно отриманих даних, максимальна частка інфікованих гусениць молодших віків (L1-L2) відмічалась на варіантах із застосуванням поливу, при цьому на варіанті із дощуванням зараженість гусені була найбільшою і сягала 6,8-9,5%, тоді як без поливу ураженість гусениць

збудниками хвороб становила 2,4-4,4%. В той же час краплинне зрошення не справляло істотного впливу на рівень ураження гусені першого та другого віків хворобами порівняно із варіантом, де полив не проводили.

Таблиця 4.7

Вплив типів поливу на зараженість гусениць озимої совки збудниками хвороб (2014 - 2017 рр.)

Вік гусені	Ураженість гусениць збудниками хвороб, %			НІР ₀₅
	без поливу	фоліарне зрошення	краплинне зрошення	
L1	4,4	9,5	6,4	2,2
L2	2,4	6,8	2,8	1,8
L3	2,2	3,7	2,6	1,4
L4	0,5	1,2	2,4	1,1

Зі збільшенням віку гусені їх стійкість до несприятливих умов середовища посилюється. Таким чином, застосування поливу за пізніх стадій розвитку гусені, менш дієве у обмеженні чисельності шкідника. Це пояснюється тим, що гусениці старших віків вже є більш сформованими морфологічно та, відповідно, стійкішими до негативного впливу умов навколишнього середовища.

В посівах кукурудзи, як і в посівах пшениці озимої, статистично доказово відмічався вплив різних способів поливу на чисельність гусені совки озимої (табл. 4.8). Так, найменша кількість фітофага відмічалась на варіантах із поливом методом дощування та краплинного зрошення.

Особливо значний вплив на зменшення щільності шкідника відмічався при проведенні поливу у період масового відродження та ранніх стадіях розвитку гусені. Так, на варіанті із застосуванням дощування, порівняно до контролю (без поливу), чисельність гусені молодших віків L1-L2 за роками коливалась від 0,2 до 6,2 екз./м², тоді як на контролі щільність складала 3,3-14,5 екз./м².

Таблиця 4.8

**Вплив різних методів зрошення на чисельність гусениць озимої
совки у агроценозі кукурудзи**

Роки (Б)	Чисельність гусениць за різних способів поливу, екз./м ² (А)								
	без поливу			краплинне зрошення			дощування		
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₁	L ₂	L ₃	L ₁	L ₂	L ₃
2014	3,3	8,5	16,5	0,8	4,5	8,5	0,2	1,5	4,5
2015	5,2	10,0	18,2	1,6	6,4	11,2	0,8	4,3	7,8
2016	4,5	11,8	14,2	1,0	6,0	10,5	0,7	3,7	7,4
2017	5,5	14,4	18,7	3,5	7,2	12,0	1,2	5,0	8,5
2018	6,2	14,5	19,6	4,0	8,3	12,5	2,5	6,2	9,3
НІР ₀₅ (А)	0,9	1,6	1,9	0,9	1,6	1,9	0,9	1,6	1,9
НІР ₀₅ (Б)	0,7	1,3	1,5	0,7	1,3	1,5	0,7	1,3	1,5

Щодо результатів досліджень, наведених в таблиці 4.8 проведений двофакторний дисперсійний аналіз. В якості чинників розглядали «спосіб поливу» з трьома градаціями (без поливу, краплинне зрошення, дощування) та «рік» як комплексний чинник, що характеризує вплив агрокліматичних умов вегетаційного періоду. Встановлено що обидва чинники справляли суттєвий вплив на чисельність гусениць озимої совки кожного з віків.

Виявлено, що питома частка впливу способу зрошення на чисельність гусениць була вищою для всіх трьох віків порівняно з погодно-кліматичними умовами. При цьому відбувалось її підвищення в процесі росту гусені. Так, якщо для личинок першого віку вона становила 70,4%, а погодно- кліматичні умови обумовлювали 20,8% варіювання щільності популяції шкідника, то для личинок третього віку вплив типу зрошення становив 86,1%, а погодних умов – лише 11,1%. Тобто з часом вплив зрошення на щільність популяції шкідника посилювався, тоді як інші чинники свій ефект знижували (рис. 4.4).

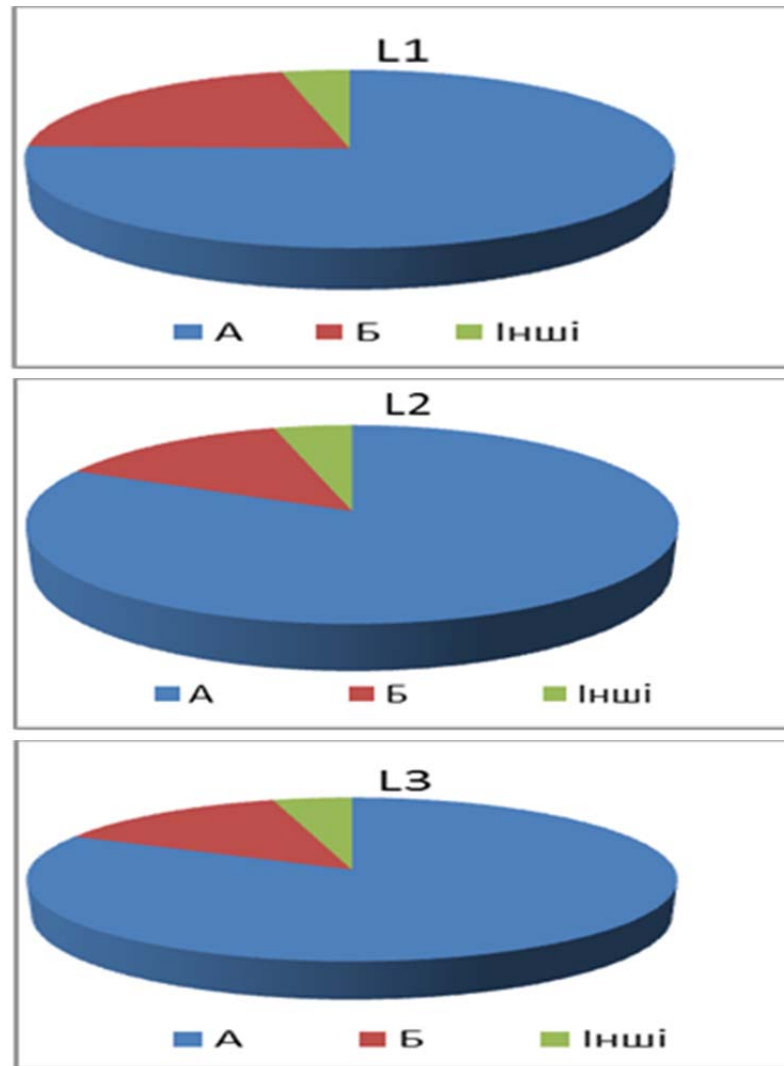


Рис. 4.4. Вплив досліджуваних чинників на чисельність гусениць озимої совки в посівах кукурудзи: А – наявність зрошення Б – погодно-кліматичні умови,

Зрошення посівів впливає і на розподіл шкідника за шарами ґрунту (табл. 4.9). Якщо в сухому рихлому ґрунті богарних ділянок личинки та лялечки озимої совки залягають на глибині 10 - 20 см, то у вологому ущільненому ґрунті зрошуваних полів – до 5 см. Це робить їх більш доступними для знищення при культиваціях та інших поверхневих обробках.

Таким чином, за умов Південного степу України строки появи озимої совки коливаються за роками, що залежить від метеорологічних факторів. У середньому впродовж досліджень, появу небезпечної стадії розвитку озимої совки (гусениць) спостерігали у III декаду травня – II декаду червня.

Таблиця 4.9

Вплив зрошення посівів на розподіл озимої совки за шарами ґрунту

Глибина ґрунту, см	Чисельність личинок та лялечок, екз./м ²			
	без зрошення	фоліарне зрошення	краплинне зрошення	НІР ₀₅
0 - 10	0,5	2,8	4,2	0,9
10 - 20	3,4	1,5	4,5	1,1
20 - 30	2,5	0,2	0,8	0,7

Фоліарне та краплинне зрошення є достатньо ефективним заходом для зниження щільності популяції фітофага. За період спостережень відмічено, що полив посівів методом дощування є вагомим фактором у обмеженні чисельності гусениць совок. Зниження чисельності шкідника у відношенні до умов без зрошення складало 6,8-67,7%.

Гусениці совок молодших віків L1-L2 є більш уразливими до впливу зрошення у посівах кукурудзи. Відмічено, що полив дощуванням (фоліарне) максимально знижує чисельність яєць озимої совки та шкідників за ранніх стадій розвитку.

Таким чином, в умовах Південного Степу строки появи совки озимої коливаються за роками, що залежить від метеорологічних чинників. У середньому протягом років досліджень появу небезпечної стадії розвитку совки озимої (гусениць) спостерігали у III декаду травня – II декаду червня.

Дощування та краплинне зрошення є достатньо ефективним заходом для зниження щільності популяції фітофага. За період спостережень відмічено, що зрошення посівів методом дощування є вагомим чинником у обмеженні чисельності гусениць совок. Зниження частки шкідника у відношенні до умов без зрошення складало 6,8-67,7 %.

Полив дощуванням максимально знижує чисельність яєць совки озимої та шкідників за ранніх стадій розвитку.

Уточнення особливостей впливу зрошення на розвиток підгризаючих совок в агробіоценозах кукурудзи в умовах Степу Сухого дає змогу

визначити ступінь загрози посівам культури, зменшити щільність популяції фітофага, а також спланувати та скоригувати основні заходи захисту культури від цих шкідників.

4.2 Динаміка чисельності наземної ентомофауни

4.2.1 Особливості розвитку стеблового кукурудзяного метелика на кукурудзі за зрошення

Враховуючи, що одночасно на кукурудзі шкодять різні види небезпечних комах, часто за чисельності, що перевищує економічний поріг шкодочинності (ЕПШ), середні втрати урожаю досягають 20–25 % [195]. Шкідливість полягає в пошкодженні усіх органів і тканин як зовні, так і усередині рослини.

Серед фітофагів, що пошкоджують кукурудзу, найбільшої уваги потребує стебловий кукурудзяний метелик (*Ostrinia nubilalis* Hb.), поширений на всій території України. Зимують діапаузуючі гусениці всередині стебел кукурудзи та інших грубостебельних бур'янів (щиреця, будяк). Навесні при температурі +15,0...16,0°C вони заляльковуються. Літ метеликів починається із третьої декади червня, а максимальна їх чисельність спостерігається в першій декаді липня. Самиці відкладають яйця на рослини, які перебувають у фазі виходу волоті. В перші години після відродження гусениця живиться відкрито на поверхні рослин, пізніше проникає в центральну жилку листка, де живиться і проходить стадії линьки. Через 14–18 діб вона мігрує всередину стебла. Оптимальні умови розвитку для гусениць створюються за температур повітря +17...35°C і вологості не нижче 70%. Для гусені метелика стеблового (кукурудзяного) характерна міграційна здатність (гусениці I–III віку) як у межах однієї рослини, так і з однієї рослини на іншу.

Про наявність гусениць стеблового метелика на рослинах свідчать круглі отвори й подовжені погризи на пластинках листків, ходи в середніх жилках і листкових піхвах, обламані волоті, отвори та ходи в стеблах і качанах. Такі види ушкоджень кукурудзи комахами, а також травми, завдані рослинам механічно під час догляду за посівами, стають місцями для проникнення збудників інфекції різноманітних хвороб кукурудзи. Зокрема, за даними багатьох літературних джерел, травмовані рослини більш інтенсивно уражуються сажками, гнилями та фузаріозом.

Наслідком пошкодженості рослин кукурудзи стебловим кукурудзяним метеликом є щорічне зниження врожаю культури, при цьому погіршується якість зібраного зерна та насіння. Запобігання цим втратам, реалізація генетичного потенціалу гібридів за продуктивністю потребують зусиль виробників, спрямованих на збереження здоров'я рослин.

Захист від стеблового кукурудзяного метелика ускладнений, тим, що гусінь фітофага через кілька годин після відродження із яєць проникає всередину стебла рослини або в центральну жилку листка. Тому, важливо вчасно визначити оптимальний строк застосування методів захисту при дуже розтягнутому періоді вильоту імаго. Найкращі результати одержують за умови, коли перше внесення інсектицидів проводиться в період масового відродження гусені.

Метою досліджень було встановлення впливу крапельного зрошення на пошкодженість рослин кукурудзи стебловим кукурудзяним метеликом.

Стебловий кукурудзяний метелик (*Ostrinia nubilalis* Hb.) в умовах Київської області у 2014 р. розвивався в одному поколінні, зрідка спостерігався розвиток другого факультативного покоління. Проведення моніторингу коритець із шумуючою мелясою, а також феромонних пасток показало, що виліт перших імаго кукурудзяного стеблового метелика у 2014 припадав на кінець I декади червня. Сума ефективних температур вище 10°C на цей час дорівнювала 380,3°C (табл. 4.10).

Таблиця 4.10

**Біологічні особливості імаго кукурудзяного стеблового метелика,
(Київська обл., Бориспільський р-н, 2014-2016 рр.)**

Фаза розвитку	Дата початку фенофази (СЕТ >10°C)		
	2014 р.	2015 р.	2016 р.
Виліт перших імаго стеблового кукурудзяного метелика. Початок відкладання яєць	09.06 (380,3)	11.06 (372,6)	17.06 (374,6)
Масове відкладання яєць	16.06 (434,1)	16.06 (435,8)	21.06 (427,7)
Масовий літ метелика (більше 50% популяції)	29.06 (519,4)	26.06 (527,2)	27.06 (517,2)
Масовий літ метелика (більше 75% популяції)	07.07 (604,8)	04.07 (604,1)	03.07 (606,0)

Температурні показники місяця були на рівні багаторічних, а кількість опадів (у вигляді дощів різної інтенсивності, часом зливового характеру з грозами) перевищувала багаторічні показники, що не сприяло інтенсивному льоту та відкладанню яєць метелика. Масове відкладання яєць та виліт понад 50% популяції метеликів припадали на II–III декади червня (СЕТ > 10°C = 434,1–519,4°C), що збігалось з фазою викидання волоті рослинами кукурудзи. Відродження гусениць було зафіксовано наприкінці II – на початку III декади червня. Масовий літ метелика (виліт понад 75% популяції) спостерігали у I декаді липня. Закінчення льоту припадало на кінець липня – початок серпня. Впродовж липня спостерігалось повільне наростання чисельності й шкідливості фітофага, яким в середньому було пошкоджено 46,1% стебел та 31,3% качанів за чисельності гусениць 1,4–2,1 екз./рослину.

В умовах вегетаційного періоду 2015 року стебловий кукурудзяний метелик розвивався в одному поколінні. Літ метеликів розпочався в II декаді червня. На цей час СЕТ > 10°C досягала значення 372,6°C (табл. 4.11). Закінчення льоту кукурудзяного стеблового метелика цього року відмічено у I декаді серпня. Відродження гусениць розпочалося у III декаді червня і

тривало до кінця липня. Масове відкладання яєць та виліт понад 50% популяції метеликів спостерігали у II–III декадах червня (СЕТ > 10°C = 435,8–527,2°C). Масовий літ метелика (виліт понад 75% популяції) припав на I декаду липня (СЕТ > 10°C = 604,1°C), що збігалось з фазою викидання волоті культури. Пошкодженість рослин (в середньому 41,5%) фіксувалась у фазу молочно-воскової стиглості на посівах кукурудзи за чисельності 0,8–3,1 гусениці на заселену рослину.

Таблиця 4.11

**Метеорологічні умови вегетаційного періоду (Київська обл.,
Бориспільський р-н, 2014-2016 рр.)**

Показник	2014 р.	2015 р.	2016 р.	Середнє багаторічне
САТ за IV-IX місяці, °С	3005,3	3223,5	3161,9	2825,0
СЕТ за IV-IX місяці, °С	1376,2	1525,1	1469,9	1300,0
Сума опадів за IV-IX місяці, мм	424,3	284,0	356,2	343,0
ГТК	1,41	0,89	1,08	1,21

У 2016 році пошкодженість кукурудзи гусеницями стеблового метелика зменшувалася порівняно з 2014 та 2015 роками. Незважаючи на достатню і навіть надмірну вологозабезпеченість навесні, під час заляльковування личинок, агрокліматичні умови можна охарактеризувати, загалом, як несприятливі для розвитку кукурудзяного стеблового метелика. Надалі червень був спекотним за незначних опадів впродовж місяця, липень – теплим за недостатнього зволоження в першій і другій декадах. Виліт перших імаго кукурудзяного стеблового метелика в 2016 р. припадав

на середину червня ($\text{СЕТ} > 10^{\circ}\text{C} = 374,6^{\circ}\text{C}$). Масове відкладання яєць та виліт понад 50% популяції метеликів припадали на III декаду місяця ($\text{СЕТ} > 10^{\circ}\text{C} = 427,7\text{--}517,2^{\circ}\text{C}$), що збігалось з фазою викидання волоті рослинами кукурудзи. Масовий літ метелика (виліт понад 75% популяції) спостерігали у I декаді липня ($\text{СЕТ} > 10^{\circ}\text{C} = 606,0^{\circ}\text{C}$). Спостереженнями встановлено пошкодження 23,6% стебел та 16,4% качанів за чисельності гусені 1,1–1,8 екз./рослину.

Аналізуючи метеорологічні умови періоду досліджень, слід зазначити, що сума активних температур у 2014–2016 рр. на $180\text{--}400^{\circ}\text{C}$ перевищувала багаторічний показник (табл. 3.11).

Вегетаційний період 2014 року характеризувався достатньою вологозабезпеченістю (ГТК 1,41), тоді як у 2015–2016 рр. був посушливим (ГТК 0,89–1,08). Динаміка чисельності метелика за роками залежала від погодних умов. Велика кількість опадів, без зливових дощів, сприяла масовому розмноженню шкідника, суха погода обмежувала його чисельність, водночас пришвидшуючи строки появи та проходження рослинами фенофаз розвитку культури.

В наших результатах представлені порівняльні спостереження за розвитком стеблового кукурудзяного метелика в умовах зрошення та без поливу. Відзначається, що впродовж трьох років досліджень пошкодженість рослин кукурудзи та качанів даним фітофагом була більшою за вологих умов (табл. 4.12).

Таким чином, стебловий кукурудзяний метелик є небезпечним фітофагом кукурудзи у зоні Лісостепу України, де він пошкоджує 24,0–46,0% рослин і 16–32% качанів цієї культури. За погодних умов 2014–2016 рр. ураженість качанів кукурудзи фузаріозом становила 14,8–21,3%.

Інтенсивний літ метелика (50 % популяції) впродовж років досліджень зафіксовано у 2 декаді червня, 75% - спостерігалось у 1 декаді липня. Пошкодженість рослин в цей період складала в середньому 37,1%, а качанів – 26,6%.

Таблиця 4.12

Вплив зрошення на розвиток *Ostrinia nubilalis* Нв. на посівах кукурудзи (обліки – III декада вересня – I декада жовтня), (Київська обл., Бориспільський р-н, 2014-2016 рр.)

Варіант	Роки	Пошкоджено рослин, %	У ... разів більше до контролю	Пошкоджено качанів, %	У ... разів більше до контролю
Контроль (без зрошення)	2015	44,1	-	34,2	-
	2016	21,2	-	12,7	-
	2017	32,2	-	28,1	-
	середнє	31,3	-	25,0	-
Зрошення	2015	51,3	1,3	36,7	1,1
	2016	26,4	1,2	16,5	1,3
	2017	35,4	1,1	30,2	1,1
	середнє	37,3	1,2	27,8	1,1
НІР ₀₅	2015	2,4		1,8	
	2016	2,2		1,3	
	2017	2,1		1,5	

Масовому розмноженню шкідника сприяла значна кількість опадів, тоді як за посушливих умов чисельність його була низькою. При цьому, терміни появи метелика та проходження рослинами фенофаз розвитку культури пришвидшились.

4.2.2. Вплив зрошення на фітофагів пшениці озимої

Зрошення є одним з найефективніших факторів, що діє на всі біологічні компоненти агроєкосистеми. Впродовж досліджень було відмічено, що видовий склад фітофагів зрошуваних посівів пшениці ідентичний видовому складу культурі при відсутності зрошення, проте кількісне співвідношення видів істотно відрізнялось.

Серед основних шкідників зернових колосових культур, починаючи з періоду проростання насіння і протягом усієї вегетації, найбільшої шкоди завдають близько 30 видів комах, кілька видів кліщів та нематод [16].

В осінній період, у фази розвитку культури від сходів до кущіння, посіви заселяють і пошкоджують фітофаги: хлібний турун, підгризаючі совки, злакові мухи, злакові цикадки, попелиці. З початком відновлення весняної вегетації ці шкідники продовжують живлення на посівах озимої пшениці. Окрім них рослини культури пошкоджуються хлібною смугастою блішкою, червоногрудою п'явицею. Посіви заселяються і пошкоджуються клопом шкідливою черепашкою у фазу виходу рослин у трубку. На середину вегетації, в фазу колосіння і наливу зерна, генеративні органи пошкоджуються злаковими попелицями і пшеничним трипсом. У фазу наливу зерна –молочно-воскової стиглості шкоду зерну завдають личинки клопа-черепашки. Перед збиранням урожаю зерна частина його пошкоджується хлібними жуками та імаго хлібного туруна (табл. 4.13).

Таблиця 4.13

Видовий склад домінуючих шкідників пшениці у зрошуваних агроценозах в умовах Центрального Лісостепу України (2014-2017 рр.)

Період, фаза розвитку культури	Фітофаги
1	2
Осінь. Висіане та проростаюче насіння – початок кущіння	Озима совка Личинки коваликів: посівного, темного, степового, широкого Паросткова муха Хлібний турун (жужелиця) Смугаста хлібна блішка Злакові цикадки: шестикрапкова, смугаста
Сходи-кущіння	Велика злакова попелиця Черемхова попелиця Шведські мухи: ячмінна, вівсяна Гесенська муха
Весна. Кущення - трубкування	Хлібний турун (жужелиця) Гесенська муха Шведські мухи: ячмінна, вівсяна Клоп шкідлива черепашка Австрійський клоп Маврський клоп

Закінчення табл. 4.13

1	2
Весняно-літній період. Кущення – воскова стиглість	Стеблові хлібні блішки: велика, звичайна Смугаста хлібна блішка П'явиці: червоногруда, синя Велика злакова попелиця
Літо. Колосіння - цвітіння	Звичайна злакова попелиця Черемхова попелиця Гесенська муха Зеленоочка
Цвітіння – наливання зерна	Клоп шкідлива черепашка Австрійський клоп Маврський клоп Пшеничний трипс Злакова стеблова галиця
Молочна стиглість – повна стиглість	Клоп шкідлива черепашка Австрійський клоп Маврський клоп Пшеничний трипс Хлібні жуки: кузька, хрестоносець, красун Стеблові хлібні пильщики

За період досліджень більш високу чисельність личинок клопа-черепашки, попелиць та личинок трипсів спостерігали на зрошуваних посівах.

Суха погода весняно-літнього періоду 2015 року була не надто сприятливою для масового розвитку і поширення злакових попелиць на зернових колосових. Збільшення чисельності і поширення попелиць відбувалося у фазу молочної стиглості. Шкідником було охоплено всі посіви, за середньої чисельності 1,5 екз./стебло (за зрошення – 2,7 екз./стебло). Найбільш інтенсивно розвиток та розмноження злакових попелиць у фазі молочної стиглості зерна пшениці проходили у 2016 році, коли чисельність фітофага сягала 10,1 екз./стебло. Цьому сприяла помірно тепла погода з незначними опадами. За зрошення чисельність складала 14,6 екз./стебло (табл. 4.14).

Таблиця 4.14

**Вплив зрошення на чисельність фітофагів пшениці озимої
в умовах Центрального Лісостепу України (2014-2017 рр.)
(ПП «Фурта», Бориспільський р-н, Київська обл.)**

Рік	Варіанти	Чисельність шкідників			
		злакові попелиці, екз./стебло	± до контролю, %	трипс (личинки), екз./колос	± до контролю, %
2014	контроль (без зрошення)	5,8		15,4	
	зрошення	8,0	+38,6	21,7	+41,1
НІР ₀₅		0,9		1,8	
2015	контроль (без зрошення)	1,5		12,1	
	зрошення	2,7	+81,2	16,9	+39,8
НІР ₀₅		0,5		1,9	
2016	контроль (без зрошення)	10,1		24,5	
	зрошення	14,6	+44,6	40,1	+63,8
НІР ₀₅		1,3		3,6	
2017	контроль (без зрошення)	6,3		28,8	
	зрошення	9,9	+57,1	52,0	+80,5
НІР ₀₅		1,1		2,7	

Злакові попелиці (велика та звичайна злакові, ячмінна, черемхова) Звичайна злакова попелиця (*Schizaphis graminum* Rond.), велика злакова попелиця (*Sitobion avenae* F.), ячмінна попелиця (*Brachycolus pocius* Mordv.) мають однодомний життєвий цикл, протягом усього життя розмножуються на озимих і ярих злаках. Зимують яйця на листках сходів озимих, падалиці, дикорослих злаків. Навесні з'являються личинки. Розмножуються партеногенетично. Протягом вегетаційного періоду може розвиватися у 12 і більше генераціях [16, 172].

Черемхова попелиця (*Rhopalosiphum padi* L.) має дводомний цикл розвитку. Зимують яйця в основі бруньки на верхівці пагінців черемхи. На черемсі відбувається розвиток кількох весняних генерацій. Потім крилаті попелиці перелітають на злакові культури, особливо пшеницю та кукурудзу, де утворюють численні колонії по всій рослині. Восени самки – носії статевої генерації знову мігрують на черемху, де відбувається статевий цикл розвитку, і відкладають яйця, що зимують. Частина популяції може залишатися на озимині, де зимує у фазі самки або личинки [102].

Ознаки пошкодження: висмоктуючи поживні речовини із рослин впливають на урожай зерна та його якість, є переносниками вірусних хвороб типу мозаїк та карликовості. Сильне пошкодження у період від появи сходів до виходу в трубку може призвести до загибелі рослин, перед колосінням – до повного або часткового не виколошування та пустоколосості.

Заселеність злаковими попелицями впродовж 2015-2017 рр. була помірною. Найпоширеніший вид – велика злакова попелиця, рідше траплялися звичайна та ячмінна. Відродження яєць, що перезимували, відбувається навесні при температурі +8-10°C. Згодом безкрилі самки-засновниці народжують крилатих самиць-розселювачок, які перелітають всередину поля на незаселені рослини. За нашими даними, поява крилатих самиць-розселювачок спостерігалася наприкінці березня – 1-й декаді квітня. Максимальну чисельність попелиць вімічали у 3-й декаді травня – 1-й декаді червня. Вони жилилися на верхніх листках та на молодому колосі.

Суха погода весняно-літнього періоду 2015 року була не надто сприятливою для масового розвитку і поширення попелиці на зернових колосових. Збільшення чисельності і поширення попелиць активізувалося у фазу молочної стиглості. Шкідником було охоплено всі посіви, за середньої чисельності 1,5 екз./стебло (за зрошення – 2,7 екз./стебло).

Сприятливими для розвитку та розмноження злакових попелиць у фазі

молочної стиглості був 2016 рік (10,1 екз./колос). Цьому сприяла помірно тепла погода з незначними опадами. За зрошення чисельність складала 14,6-екз./колос.

Як показали результати дисперсійного аналізу, зрошення справляло найбільший вплив на чисельність злакових попелиць. Цей чинник зумовлював 84,8% варіювання, в той час як погодні умови – лише 12,8% (рис. 4.5). На частку інших чинників припадало всього 2,4%. Тобто можна стверджувати, що зростання чисельності попелиць, яке спостерігалось в досліді, було обумовленим застосуванням зрошення.

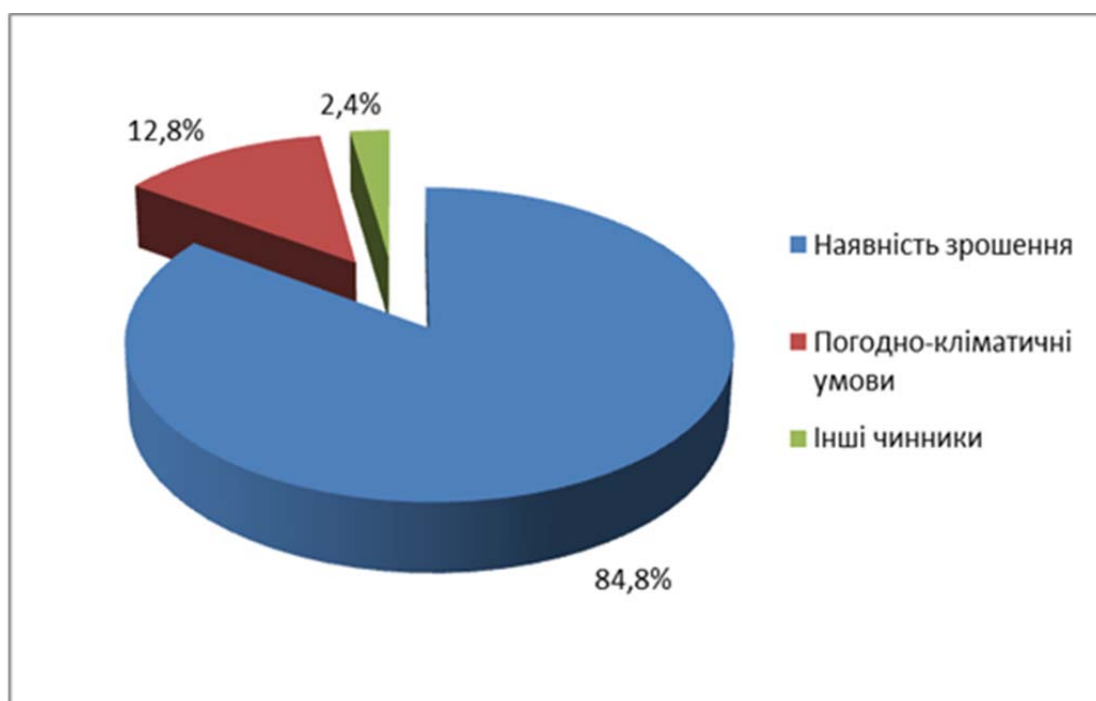


Рис. 3.5. Вплив досліджуваних чинників на чисельність злакових попелиць в посівах пшениці озимої

Розмноження попелиць залежить значною мірою від гідротермічних умов, стану кормових рослин і наявності ентомофагів. Тепла і волога погода сприяє розмноженню даного фітофага. У спекотний і сухий період в результаті погіршення кормових властивостей рослин, багато попелиць гине, зростає кількість крилатих особин.

На зрошуваних злакових культурах для шкідників створюються сприятливі мікрокліматичні та кормові умови. Чисельність їх тут, як правило, вища, ніж на богарних землях. Кількість попелиць зростає також при збільшенні доз азотних добрив, що застосовуються на зрошуваних землях.

Слід також відзначити вплив на ступінь шкідливості комах процесів, що спостерігаються при поливах у денні години. Ґрунт і рослини, нагріті до 40-50° С, змочуються водою, яка має температуру 20-25 °С, що призводить до різкого перепаду температур, зменшення концентрації ґрунтового розчину і кисню в ґрунтовому і приземному шарах повітря при збільшенні частки вуглекислого газу. Це викликає пригнічення рослин протягом 2-3 діб і більше; чисельність шкідника різко зростає (особливо в спекотні роки).

Незважаючи на велику кількість шкідників на поливних ділянках, шкідливість їх тут зазвичай нижче, ніж на неполивних. Пояснюється це більшою стійкістю рослин, кращим їхнім ростом і розвитком, а також підвищенням компенсаторних можливостей. Так, в умовах достатку вологи ячмінна попелиця на богарі викликає стерильність квіток ярої пшениці, при зрошенні ж цього не спостерігається. Поливи дощуванням можуть змивати велику кількість шкідників з рослин і викликати їх загибель.

У зрошуваних агроценозах чисельність ентомофагів, як правило, значно вища, ніж в богарних. Наприклад, за дослідженнями, зараженість колонії злакових попелиць ентомофагами на богарній озимій пшениці не перевищує 23,3%, в той час як на поливній вона становила 45-53,5%. При масовому розмноженні попелиць кількість личинок мух-сирфід на зрошуваних землях зростає в 2-8 разів. На півдні України, в 2-3 рази збільшується при поливі чисельність сонечок і деяких інших ентомофагів [218].

Чисельність трипсів на зрошуваній пшениці зазвичай в 1,5-2 рази вища, ніж на богарних. За нашими дослідженнями кількість личинок трипса на

пшениці при зрошенні була в 1,4-1,6 рази вищою, порівняно зі звичайним вирощуванням.

Трипс пшеничний (*Haplothrips tritici* Kurd.) пошкоджує озиму та яру пшеницю, монофаг. Протягом року дає одне покоління. Личинки трипса зимують в прикореневих рештках стерні або у ґрунті. Навесні пробуджуються з підвищенням температури поверхневого шару до +8°C і починають процес перетворення на пронімф і німф [16].

Навесні 2015-2017 рр. цей процес почався в кінці березня – на початку квітня і завершився до кінця квітня – початку травня. Закінчення процесу перетворення німф на імаго та заселення рослин озимої пшениці спостерігалось у фазі появи прапорцевого листка. Виліт цих фітофагів тривав більше місяця. Згодом дорослі комахи проникали всередину піхви рослин і до колосу, де відбувалося їх живлення.

Внаслідок живлення трипсами прапорцевий листок деформується, що призводить до зниження асиміляційної здатності листової поверхні, знебарвлення і затримки розвитку листової пластинки, видозміни та відмирання верхніх листків, затримки виходу колоса з обгортки, його викривлення, часткової білоколосиці. Личинки першого віку висмоктують колоскові лусочки, квіткові плівки, зав'язь і зерно не формуються. Це стає причиною виникнення череззерниці в колосках пшениці. Личинки другого віку концентруються в борозенці зернівки під колосковою лускою з боку, протилежного борозенці, сприяючи деформації та зниженню маси зерна (воно стає щуплим зі зменшеними натурною масою та масою 1000 насінин). При чисельності більше 40-50 личинок/колос у період формування зерна, урожайність культури знижується на 1,8- 2,5 ц/га [16].

Трипси заселяли посіви пшениці озимої у всі роки досліджень за чисельності 12,1-52,0 екз./колос. З 2016 р. відмічалася тенденція до наростання чисельності злакових трипсів. Найбільшу чисельність фітофага

зафіксовано за зрошення у 2017 р. – 52,0 екз./колос, та у 2016 р. – 40,1 екз./колос.

Як показали результати дисперсійного аналізу, найбільший вплив на чисельність трипсів, як і щодо злакових попелиць, справляло зрошення. Цей чинник зумовлював 67,3% варіювання, в той час як погодні умови – 24,1% (рис. 4.6). На частку інших чинників припадало всього 8,5%. Істотної взаємодії чинників не спостерігалось. Тобто можна стверджувати, що зростання чисельності личинок пшеничного трипса, яке зафіксовано в досліді, здебільшого було обумовленим застосуванням зрошення.

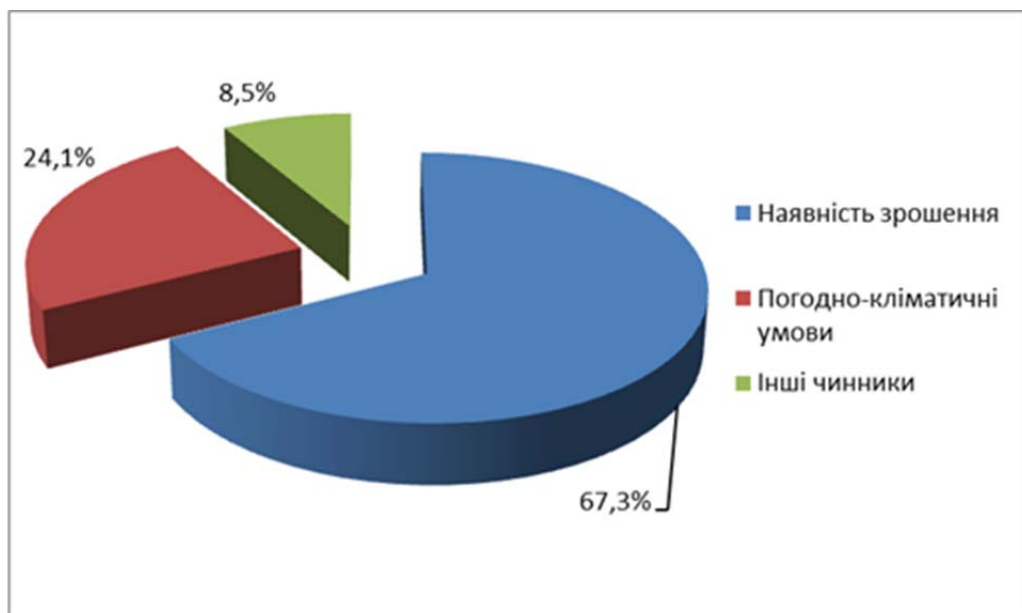


Рис. 4.6. Вплив досліджуваних чинників на чисельність пшеничного трипса в посівах пшениці озимої

При зрошенні для пшеничного трипса створюються сприятливі умови; чисельність шкідника на зрошуваній пшениці зазвичай в 1,5-2 рази вище, ніж на богарних. За нашими дослідженнями кількість личинок трипса на пшениці при зрошенні була в 1,4-1,6 рази вищою, порівняно зі звичайним вирощуванням. При зрошенні збільшувався період живлення трипсів і поліпшувалася якість корму, оскільки рослини культури залишалися більш

тривалий час зеленими та соковитими, що призводило до збільшення маси і плодючості самок.

Трипси повільніше заселяють поливні посіви, період льоту імаго тут більш тривалий, а відродження личинок розтягується. Особливо різко збільшується чисельність трипсів на зрошуваних ділянках при пізніх термінах сівби пшениці в посушливі роки, коли рано вигорає дика злакова рослинність і в більш ранні терміни дозріває озима та яра пшениця. У той же час вегетаційні поливи можуть впливати на трипсів і негативно. Так, полив у фазу колосіння, коли відзначається максимальна чисельність трипсів, змиває з колосся 20-30% особин, які збиваються в ґрунт і гинуть.

В умовах Центрального Лісостепу України впродовж 2014-2017 рр. серед клопів за видовим складом переважав клоп шкідлива черепашка (КШЧ) (*Eurygaster integriceps* Put.). З інших клопів зустрічалися: маврський (*Eurygaster maura* L.), австрійський (*Eurygaster austriaca* Schrank) та інші. Середні показники чисельності личинок КШЧ в 2015 та 2017 роках становили 2,6 та 2,3 екз./м², у 2014, 2016 – 1,3 - 0,7 екз./м² за умов богару. За зрошення чисельність клопів була вищою та максимальною у 2015 році – 3,4 екз./м² (табл. 4.15).

Клопи пошкоджують рослини озимої пшениці, починаючи з моменту появи фітофагів на посівах і до їх вильоту на зимівлю. Спочатку при заселенні шкідник пошкоджує листя рослин, пізніше стебло і колос. При уколі в стебло на початку виходу в трубку у рослини жовтіє і засихає верхній лист. Пошкодження стебла в цей період може привести до зниження врожаю на 50-54% [44].

Якщо пошкодження в стебло завдається клопом перед колосінням, то при колосінні такий колос відрізняється частковою або повною білоколосістю, що призводить до істотного зниження урожаю. Підраховано, що при наявності 1 клопа на квадратному метрі, можна втратити 0,5-1,0 ц зерна з одного гектару [16]. Але основну шкоду посівам озимої пшениці

завдають личинки, шкодочинність яких залежить від їх віку. Зерно, пошкоджене личинками молодших віків (другого-третього), деформується, а його маса зменшується на 50-70% [38]. Личинки старших віків (четвертого-п'ятого), а також клопи нового покоління менше впливають на кількість урожаю, але різко погіршують хлібопекарські та інші технологічні показники зерна.

Таблиця 4.15

**Вплив зрошення на чисельність фітофагів пшениці озимої
в умовах Лівобережного Лісостепу України (2014-2017 рр.)
(ПП «Фурта», Бориспільський р-н, Київська обл.)**

Рік	Варіанти	Чисельність шкідників					
		КШЧ, екз./м ²	± до конт- ролю, %	блiшки, екз./м ²	± до конт- ролю, %	п'явиця (імаго), екз./м ²	± до конт- ролю, %
2014	контроль (без зрошення)	1,3		36,4		9,1	
	зрошення	1,5	+18,6	25,6	-29,7	8,5	-6,4
	НІР ₀₅	0,3		5,4		1,8	
2015	контроль (без зрошення)	2,6		20,8		16,4	
	зрошення	3,4	+32,4	12,0	-42,5	14,5	-11,5
	НІР ₀₅	0,6		3,2		2,1	
2016	контроль (без зрошення)	0,7		8,9		10,2	
	зрошення	0,8	+15,6	6,2	-30,8	9,7	-4,9
	НІР ₀₅	0,5		2,1		1,6	
2017	контроль (без зрошення)	2,3		19,3		5,8	
	зрошення	2,8	+21,3	14,6	-24,3	4,8	-16,8
	НІР ₀₅	0,4		2,3		1,3	

Щодо результатів досліджень, наведених в таблиці 3.15, проведений двофакторний дисперсійний аналіз. В якості чинників розглядали «наявність

зрошення» з двома градаціями (без поливу та із зрошенням) та погоднокліматичні умови вегетаційного періоду. Встановлено, що тільки чинник «наявність зрошення» справляв суттєвий вплив на чисельність клопа шкідливої черепашки. Його частка дорівнювала 94,1% (рис. 4.7).

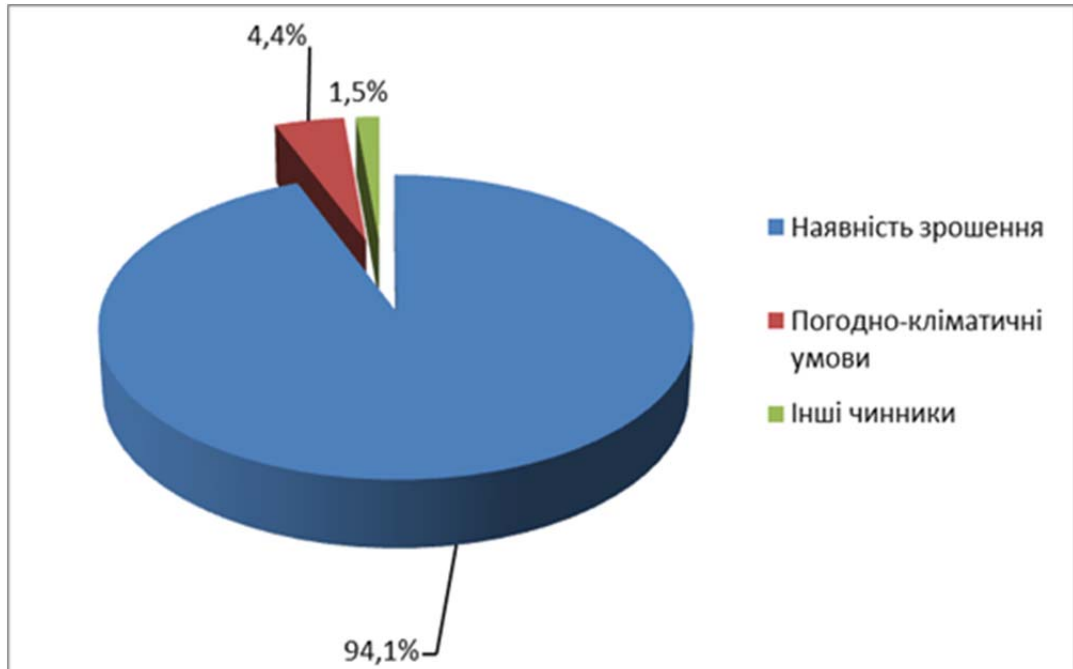


Рис. 4.7. Вплив досліджуваних чинників на чисельність клопа шкідливої черепашки в посівах пшениці озимої

За нашими дослідженнями кількість хлібних блішок на пшениці при зрошенні була на 24-43% нижчою, порівняно зі звичайним вирощуванням. Чисельність імаго п'явиць у зрошуваних агроценозах також спостерігалась у меншій кількості на 5-17%. Понижені температури на початкових етапах органогенезу, підвищена вологість несприятливі для розвитку ранньовесняних фітофагів, зокрема блішок.

Як показали результати дисперсійного аналізу, найбільший вплив на чисельність блішок, як і щодо інших шкідників, які досліджувались, справляло зрошення. Цей чинник зумовлював 83,4% варіювання, в той час як погодні умови – 13,5% (рис. 4.8). На частку інших чинників припадало всього 3,1%. Істотної взаємодії чинників не спостерігалось. Тобто можна стверджувати, що зменшення чисельності хлібних блішок, яке зафіксовано в

досліді, здебільшого було обумовленим проведенням зрошення.

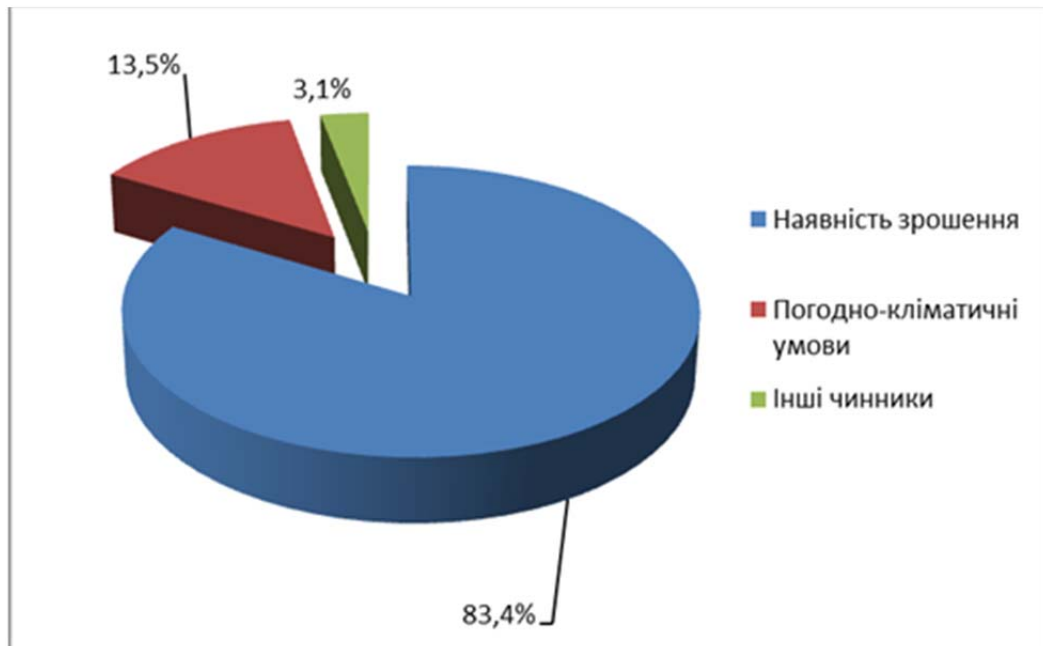


Рис. 4.8. Вплив досліджуваних чинників на чисельність хлібних блішок в посівах пшениці озимої

Із хлібних блішок найбільш поширена смугаста блішка (*Phyllotreta vittula* T.), яка шкодить посівам зернових культур та кукурудзи. Мають одну генерацію. Зимують жуки під рослинними рештками в лісосмугах, лісах, чагарниках. На посівах зернових з'являються в кінці квітня, де пошкоджують листя самки відкладають яйця в ґрунт, де відроджуються личинки, які живляться корінцями злаків та перегноем. Молоді жуки з'являються на початку липня. Після збирання врожаю жуки відлітають в місця зимівлі. Ознаки пошкодження: жуки на листках сходів та молодих рослин зіскоблюють паренхіму у вигляді прозорих смужок та довгастих плям.

Звичайна стеблова блішка найбільш пошкоджує яру пшеницю та ячмінь, рідше – овес і озимі. Мають одну генерацію. Зимують жуки під рослинними рештками на полях, у лісосмугах і рано навесні заселяють посіви зернових. Яйця відкладають у ґрунт біля сходів. Після відродження личинки

вгризаються в стебло, в середині яких вони живляться. Заляльковуються в ґрунті, молоді жуки з'являються в липні, а в кінці місяця перелітають в місця зимівлі [16].

Ознаки пошкодження: жуки на листках сходів та молодих рослин зіскоблюють паренхіму у вигляді прозорих смужок та довгастих плям, живлення личинок викликає в'янення центрального стебла, а потім і його загибель. У 2016-2017 рр. прохолодна, затяжна весна з різкими коливаннями середньодобових температур та спекотна погода влітку стримували масовий розвиток і шкідливість блішок.

За даними Каменченко С. Є. на зрошуваних посівах пшениці чисельність листових блішок була на 39-66% нижчою, в порівнянні із не зрошуваними. За нашими дослідженнями кількість блішок на пшениці при зрошенні була на 24-43% нижчою, порівняно зі звичайним вирощуванням. Знижені температури на початкових етапах органогенезу, підвищена вологість несприятливі для ранньовесняних фітофагів (блішки).

Для мезофілів (попелиці) умови більш оптимальні. В умовах зрошення збільшується тривалість живлення хлібного жука, клопів, що пов'язано з подовженням періоду вегетації зрошуваною пшениці. Також зростає пошкодженість стебел гігрофільними личинками шведської мухи (до 1,75 разів) [74].

Щодо п'явиці, зниження чисельності шкідника за зрошення відбувалось в нижчому ступені порівняно із блішками. Порівняно з контролем чисельність імаго п'явиць за роками досліджень зменшувалась на 4,9-16,8%.

Як показали результати дисперсійного аналізу, найбільший вплив на чисельність імаго п'явиць справляло зрошення. Цей чинник зумовлював 92,9% варіювання, яке спостерігалось в досліді. Погодні умови та інші чинники не мали істотного впливу, їх частка була на рівні 1,8-5,3 (рис. 4.9).

Тобто можна стверджувати, що зміни чисельності п'явиць, які зафіксовані в досліді, здебільшого були обумовлене проведенням зрошення.

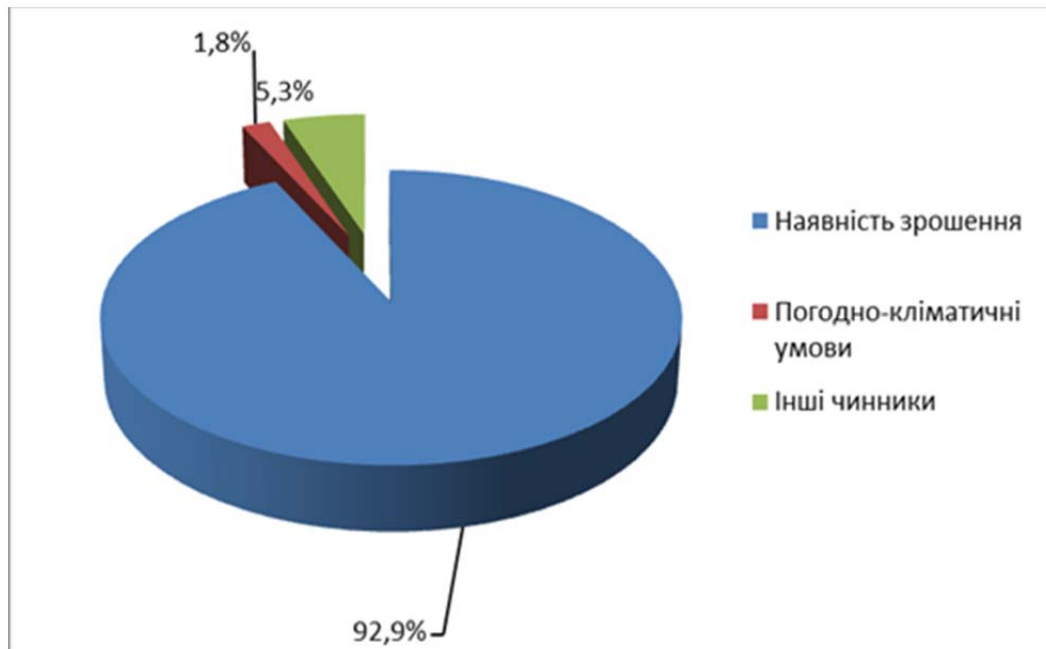


Рис. 4.9. Вплив досліджуваних чинників на чисельність п'явиць в посівах пшениці озимої

Клопи розвиваються в одному поколінні. Зимують дорослі жуки в лісах, лісосмугах, під опалим листям та підстилці. Міграція імаго, що перезимували, на поля відбувається, за різними даними, за середньодобової температури $+9,5^{\circ}\text{C}$ фбо $+13-14^{\circ}\text{C}$. Для їх виходу з місць зимівлі потрібна сума ефективних температур $50,9-68,8^{\circ}\text{C}$ [44, 74].

В наших дослідженнях початок заселення посівів клопами, які перезимували, спостерігалось в кінці квітня, що збіглося з фазою кушення-виходу в трубку в озимої пшениці (у фазу 3-4 листка ярої пшениці), масове – на початку травня (коли температура вище $+18-19^{\circ}\text{C}$).

За даними Каменченко С. Є. щільність імаго клопа на зрошуваних посівах підтримується на значно нижчому рівні (нижче в 1,6-2 рази), ніж при

вироснуванні без поливів, що пов'язано зі зниженими температурами, підвищеною вологістю ґрунту [74].

Вплив поливів на шкідливу черепашку неоднозначний. Навесні заселення клопами зрошуваних і незрошуваних посівів пшениці відбувається одночасно, причому шкідника більше приваблюють розріджені і добре прогріті посіви. Накладання строків поливів на масові перельоти клопів-черепашок сприяють меншому заселення ними полів. Щільність популяції дорослих клопів, що заселяють навесні зрошувані поля, та чисельність личинок нового покоління поступається такій на богарних ділянках. Зливові дощі та поливи дощуванням у період розвитку яєць призводять до їх загибелі. При зрошенні період розвитку черепашок подовжується [44].

При проведенні обліків відмічено, що відкладання яєць клопами відбувалось у 1-2-й декадах травня. Яйця розміщувалися імаго шкідника в два ряди на листі та стеблах рослин культури та бур'янів. Плодючість самки в середньому становить, як відомо, 100-300 яєць, максимально 350-550 штук, а ембріональний розвиток личинок триває 6-12 днів. Розвиток личинок становить 20-50 днів. За цей час вони проходять 5 віків.

Масове відродження личинок припадало на фазі розвитку культури кінець цвітіння – молочно-воскова стиглість зерна. Личинки I-II віків є дуже чутливими до гідро метеоумов: зниження температури повітря та рясні опади (поливи) викликали масову їх загибель. Нашими дослідженнями встановлено, що при зрошенні період розвитку черепашок подовжується (табл. 4.16).

Відродження личинок черепашки в 2017 році на богарній пшениці було відмічено 2 червня, а на зрошуваних посівах майже через тиждень – 10 червня. Окрилення клопів нового покоління на незрошуваній озимій пшениці відбулося 27 червня, на зрошуваних – 9 липня. У місцях зимівлі шкідник з'являвся на богарі 5 липня, при зрошенні – 19 липня. Аналогічну ситуацію

спостерігали і в попередні роки, що обумовлювалося також і відстроченням фенофаз розвитку культури. У зв'язку з цим заходи зі знищення личинок при зрошенні слід проводити на 10-14 днів пізніше, ніж на богарних посівах.

Таблиця 4.16

Вплив зрошення на розвиток клопа шкідливої черепашки на озимій пшениці, 2015-2017 рр. (ПП «Фурта», Бориспільський р-н, Київська обл.)

Фаза розвитку КШЧ	Роки досліджень	Умови вирощування пшениці		Зміщення фаз розвитку КШЧ, днів
		без зрошення	зрошення	
Відродження личинок	2015	27.05	10.06	14
	2016	21.05	02.06	12
	2017	02.06	12.06	10
	Середнє			10-14
Окрилення клопів	2015	25.06	08.07	13
	2016	19.06	01.07	12
	2017	27.06	09.07	12
	Середнє			12-13
Поява імаго у місцях зимівлі	2015	04.07	17.07	13
	2016	28.06	10.07	12
	2017	05.07	19.07	14
	Середнє			12-14

Переселення клопів у місяць зимівлі починається у період збирання озимих. Чисельність їх зумовлюється життєздатністю, яку можна визначити за їх масою. За цим показником можна прогнозувати загибель клопів під час зимового періоду.

Важливу роль у зниженні чисельності хлібних клопів відіграють погодні умови, зокрема малосніжні зими зі значними зниженнями і різкими перепадами температур повітря. При теплій і сухій погоді восени у шкідника

підвищується активність фізіологічних процесів, що веде до значної витрати енергетичних резервів та їх нестачі в холодний період року. Тепла та суха весна сприяє розвитку статевих продуктів і активному відкладанню яєць імаго шкідника, прискорює процес розвитку яєць і личинок. Недостатнє живлення клопів влітку викликає їх масову загибель взимку, а ослаблені самки, які перезимували, мають знижену плодючість, що веде до падіння чисельності особин в популяціях.

На поливних посівах культури чисельність шкідника до окрилення клопів зазвичай менша, ніж на богарних. Після скошування і підбирання валків на богарі клопи-черепашки перелітають на зрошувані посіви інших культур, особливо ярої пшениці. Це іноді призводить до зростання кількості клопів на поливних ділянках після збирання пшениці на богарі. Додаткове живлення на поливних ділянках дозволяє шкіднику накопичувати жирові резерви і, отже, виживати в холодний період року.

Шкідливість черепашок вища за богарних умов. Це пояснюється не тільки їх більшою чисельністю на неполивних полях зернових та меншою стійкістю рослин на богарних ділянках до пошкоджень черепашками, але і більш інтенсивним живленням клопів, які використовують тканини рослин в якості джерела води в умовах нестачі вологи.

Середні показники чисельності личинок КШЧ в 2015 та 2017 роках становили 2,6 та 2,3 екз./м², у 2016 – 0,7 екз./м². За нашими даними, більш висока чисельність імаго клопа-черепашки спостерігалася на зрошуваних посівах.

Умови стресу, викликані посухою, негативно відображаються на стані посівів при звичайному вирощуванні пшениці та побічно впливають на поведінку шкідників, які трофічно пов'язані з рослинами. Відомо, що в посушливих умовах різко зростає витрата вологи на випаровування. Це змушує клопів дотримуватися більш зволжених стацій [74].

Таким чином, проведені дослідження засвідчують, що видовий склад фітофагів зрошуваних посівів пшениці повністю збігається із видовим складом при відсутності зрошення, проте кількісне співвідношення видів істотно відрізняється (рис. 4.10). За період досліджень на зрошуваних посівах спостерігали більш високу чисельність злакових попелиць. Також зростала питома частка пшеничного трипса в комплексі фітофагів. Щодо блішок та п'явиць, навпаки, спотерігалось зниження як чисельності шкідників, так і їх частки в комплексі.

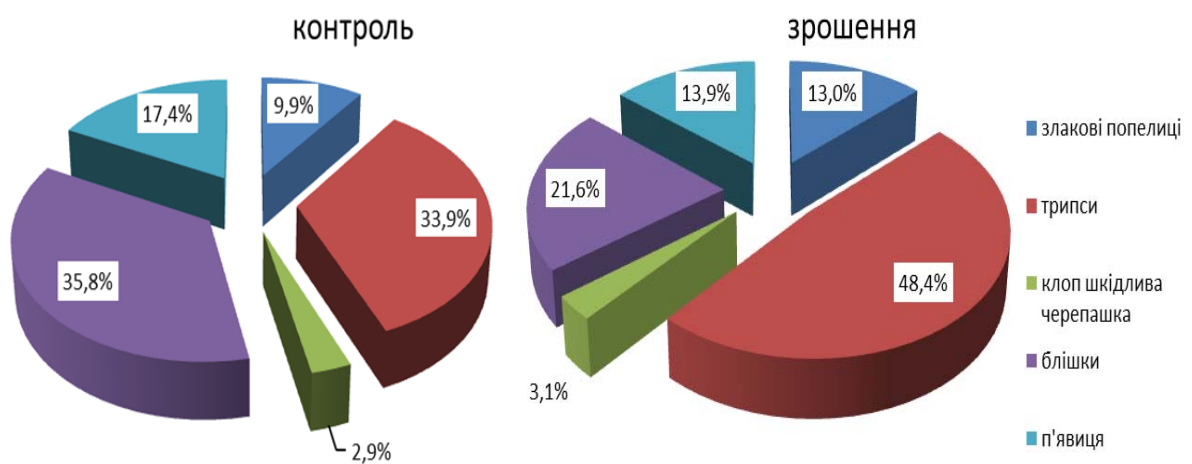


Рис. 4.10. Структура комплексу фітофагів пшениці озимої залежно від зрошення (2015-2018 роки)

4.3 Вплив зрошення на фітопатогенний комплекс соняшнику в умовах Лісостепу України

Соняшник відносять до групи посухостійких культур. На відміну від інших польових культур він є менш вимогливим до вологості ґрунту протягом вегетації. Однак, додаткове зрошення сприяє інтенсивному наростанню вегетативної маси рослин та високій продуктивності особливо в критичні фази росту та розвитку. Крім того, оптимальне зволоження

забезпечує тургор в листках, активний рух продихів, що посилює асиміляцію та забезпечує інтенсивність синтетичних процесів і транспорт пластичних речовин по рослинах. Достатнє забезпечення вологістю сприяє подовженню вегетаційного періоду соняшника на 14-27 днів, особливо в період від цвітіння до досягання, що сприяє підвищенню вмісту олії у насінні на 2-5%.

Економічно доцільним при вирощуванні соняшника є проведення двох вегетаційних поливів при зниженні вологості активного шару ґрунту до 60% НВ, а оптимальною для отримання найвищих врожаїв є вологість активного шару ґрунту 70-80% НВ. Поливна норма для соняшнику при дощуванні становить 400-600, а при зрошенні по борознах – 700-800 м³/га [171].

Проведення поливів протягом вегетаційного періоду забезпечує урожайність соняшника від 35 до 50 ц/га. За даними багаторічних досліджень у південних районах доцільно проводити 3-4 поливи з нормою 600-700 м³/га, у північних 2-3 поливи. В роки з високою атмосферною посухою у період цвітіння рекомендується також освіжаючий полив з нормою 50-100 м³/га [185].

Хвороби соняшнику можуть спричиняти більш ніж 70 патогенів. Вже починаючи з фази сходів на сім'ядольних листках та гіпокотилі можуть з'явитись симптоми несправжньої борошнистої роси, білої та сірої гнилей, фомопсису, альтернаріозу [164, 160]. Як правило, в червні на листках і надземних частинах рослин з'являються плямистості різної етіології, які з липня і до кінця вегетації набувають значного розвитку. Домінують при цьому септоріоз, альтернаріоз, фомоз, іржа [164, 159, 161].

Шкідливість хвороб полягає не тільки у завчасному відмиранні листків і, як наслідок, меншій продуктивності рослин, але і в зниженні вмісту олії, зміни її жирно-кислотного складу, зростанні кислотного числа [164].

В останні роки в агровиробництві соняшника спостерігається суттєве порушення сівозмін навіть до вирощування в монокультурі, що призвело до

значного погіршення фітосанітарної ситуації. Внаслідок насичення сівозмін культурами, що мають спільних збудників хвороб, які можуть зберігатись в ґрунті, відбувається значне поширення білої гнилі та вертицильозу соняшнику [164, 160]. Крім того, щороку відбуваються зміни в тепло- та вологозабезпеченні протягом вегетаційного періоду.

Застосування штучного поливу протягом вегетаційного періоду також призводить до небезпеки ураження посівів збудниками хвороб. Таким чином створюються оптимальні умови для накопичення та зберігання в ґрунті фітопатогенної мікрофлори, що викликає ураження та розвиток патогенних організмів на рослинах соняшнику. За даними наукових досліджень, можливість накопичення роси (і, отже, патогенної інфекції) зростає при наростанні температури оскільки повітря може утримувати більше водяної пари при високих температурах. З іншого боку, вологість ґрунту є більш критичним показником, ніж вологість повітря для патогенних мікроорганізмів ґрунту, багато з яких викликають хвороби в'янення рослин [459].

Дослідження проводились в умовах Лісостепу України на дослідних ділянках в ФГ «Агротехлаб» (с.Любарці Бориспільського р-ну Київської обл.) протягом 2019-2020 рр. на гібриді соняшнику Неома. Вегетаційні поливи соняшнику проводили з застосуванням методу дощування: перший - перед утворенням зачатків суцвіття, у фазі 2-3 пар листків, другий – на початку утворення кошиків, третій - на початку цвітіння, четвертий і п'ятий – у період наливання насіння. Рівень перед поливної вологості - 70-80% НВ.

Відбір зразків

Кліматичні умови протягом вегетаційного періоду 2019 року відзначались з помірною кількістю опадів протягом весняного періоду в межах середнє багаторічних та посушливою та жаркою погодою в кінці літа . Протягом 2020 року в квітні спостерігались заморозки, а найбільша кількість

опадів випала в травні. Протягом липня та серпня установилась суха та спекотна погода з незначною кількістю опадів.

Протягом періоду вегетації соняшнику на всіх варіантах спостерігалось ураження рослин збудником септоріозу *Septoria helianthi* Ell. et Kell. Наприкінці вегетації в період розвитку плоду (ВВСН 75) протягом 2019-2020 років поширення хвороби сягало 100% за розвитку відповідно по роках 29,0 та 20,5% без зрошення та при проведенні зрошення розвиток хвороби становив 35,4 та 26,9% (табл. 4.17).

Більш високий розвиток септоріозу в 2019 році вірогідно був обумовлений більш вологим періодом в квітні та червні в порівнянні з 2020 роком. Поява перших уражень патогеном спостерігалась вже на етапі листкового розвитку і до завершення вегетації соняшнику септоріоз поширювався на по всіх дослідних рослинах.

Появу перших симптомів ураження фомозом було відмічено в період повного цвітіння соняшнику. Проведення зрошення на дослідних ділянках сприяло значному розвитку фомозу соняшнику в роки досліджень і складало на етапі ВВСН 75 9,4% при поширенні 65% в 2019 та 10,8% при поширенні 80,6% в 2020 році. На контрольному варіанті без поливу на фоні посушливих умов в літній період спостерігався незначний розвиток фомозу відповідно розвиток 1,5% при поширенні 7,6% в 2019 році та 0,2% при поширенні 4,1% в 2020 році.

На ділянках де проводилось зрошення на етапі розвитку плоду (ВВСН 75) протягом вегетаційних сезонів 2019-2020 рр. відмічено поширення фомопсису соняшнику в межах 2,6% при розвитку хвороби 1,0% у 2019 році та 4,8 % при поширенні 1,5% у 2020 році. На контрольних ділянках без зрошення протягом двох років досліджень ураження патогенним грибом не виявлено. Таким чином, посушливі умови літнього періоду протягом двох років вегетації не сприяли поширенню та розвитку фомопсису.

Таблиця. 4.17

Розвиток та поширення хвороб соняшнику сорту Неома при вирощуванні без зрошення та в умовах зрошення (%). (2019-2020 рр.)

Варіант досліджу	Етапи розвитку рослин за шкалою ВВСН																			
	51		65						75											
	<i>Septoria helianthi</i>		<i>Septoria helianthi</i>		<i>Plenodomus lindquistii</i>		<i>Puccinia helianthi</i>		<i>Septoria helianthi</i>		<i>Puccinia helianthi</i>		<i>Fusarium spp.</i>		<i>Phomopsis helianthi</i>		<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>		<i>Plenodomus lindquistii</i>	
	П	Р*	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р
2019																				
Без зрошення	41,0	12,5	96,0	23,8	0	0	15,7	3,0	100,0	29,0	28,0	5,5	0	0	0	0	0	0	7,6	1,5
На зрошенні	48,6	19,0	100,0	31,2	5,4	1,0	2,1	0,1	100,0	35,4	5,0	1,0	0	0	2,6	1,0	14,3	1,5	65,0	9,4
НІР ₀₅	3,2	1,3	7,8	1,9	3,6	0,4	1,3	0,9	-	2,1	1,8	0,6	-	-	0,5	0,3	1,4	0,4	4,2	1,1
2020																				
Без зрошення	15,0	5,0	72,0	24,0	2,3	0,1	42,0	5,0	100,0	20,5	64,0	5,0	0	0	0	0	0	0	4,1	0,2
На зрошенні	15,8	7,2	83,6	31,4	48,6	5,3	3,0	0,5	100,0	26,9	11,3	2,0	2,0	0,2	4,8	1,5	12,1	2,0	80,6	10,8
НІР ₀₅	1,2	0,6	4,2	1,9	3,6	0,9	2,5	0,4	-	2,0	5,1	0,6	0,4	0,3	1,2	0,5	1,4	0,6	3,9	2,1

Примітка: * Р – розвиток хвороби; П – поширення хвороби

На ділянках де проводилось зрошення виявлено ураження рослин збудником білої гнилі (збудник – *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary.), а саме її прикореневою формою. В період розвитку плоду (ВВСН 75) поширення хвороби досягало 14,3% при розвитку 1,5 % у 2019 та поширення 12,1% при розвитку 2,0% у 2020 році. В посушливих умовах літніх місяців у 2019 та 2020 роках без застосування зрошення ураження соняшнику білою гниллю не відбувалось. Збудник хвороби уражує рослини соняшника протягом всього періоду вегетації, але найбільш небезпечним є ушкодження на початку цвітіння.

В умовах зрошення в 2020 році відмічалось ураження рослин соняшнику фузаріозною гниллю. Поширення хвороби було не значне - до 2% при розвитку 0,2%. Протягом вегетаційного сезону 2019 року уражень фузаріозною гниллю соняшника не відмічалось на обох варіантах дослідів. Можливо це пояснюється більш сприятливими для розвитку хвороби кліматичними умовами 2020 року, а саме чергуванням посушливих і дощових періодів в травні та червні.

На контрольних ділянках без зрошення в період цвітіння (ВВСН 65) виявлено розвиток бурої іржі соняшнику. Поширення хвороби в 2019 досягало 15,7% при розвитку 3%, а в 2020 році – 42,0% при розвитку хвороби 5,0%. При цьому на ділянках де проводилось зрошення розвиток та поширення бурої іржі були суттєво меншими. Поширення досягало 2,1% в 2019 році та 3,0 % в 2020 році при розвитку відповідно по роках 0,1 та 0,5%.

Загалом фітопатогенний комплекс соняшника на зрошенні характеризувався більшим різноманіттям (рис. 4.11) . До його складу входили септоріоз, фомоз, іржа, фомопсис, біла гниль та фузаріозна гниль. В той же час на ділянках без зрошення було зафіксовано ураження лише трьома хворобами – септоріозом, іржею та фомозом.

Вищий розвиток порівняно з іншими хворобами як на зрошенні, так і за його відсутності мав септоріоз, розвиток якого досягав відповідно 35,4% та

29% за 100% поширення на всіх варіантах дослідів під кінець вегетації. Застосування поливів сприяло також значно більшому поширенню фомозу, яке зросло до 65,0-80,6%. Тільки на зрошенні проявились фомопсис, біла та фузаріозна гнилі. На відміну від перерахованих вище хвороб, нижчий рівень зволоження виявився більш сприятливим для іржв соняшника, ураження якою за зрошення знижувалось у 5-6 разів.

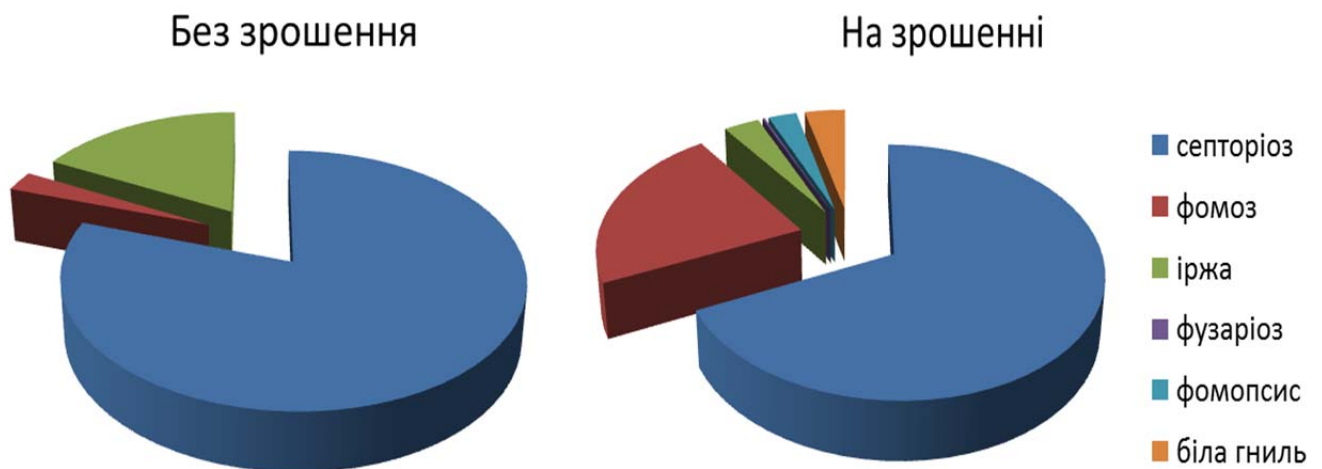


Рис.4.11. Структура комплексу хвороб соняшника залежно від зрошення

Таким чином, проведення систематичних поливів протягом вегетації створює оптимальні умови для розвитку патогенних організмів на рослинах соняшнику. Застосування зрошення змінює фітопатогенний комплекс та інтенсивність розвитку та поширення хвороб. Встановлено, що в умовах достатньої вологості на соняшнику домінують септоріоз та фомоз. В умовах посухи спостерігається більш інтенсивний розвиток іржі.

4.4 Вплив способів зрошення на продуктивність посівів кукурудзи

Лімітуючим фактором продуктивності кукурудзи в умовах Степу та Лісостепу, а останніми роками, у зв'язку зі змінами клімату – і зони Полісся, є несприятливий водний режим ґрунтів [171]. Можливими напрямками одержання високих і стійких урожаїв у цих умовах є створення нових посухостійких гібридів та розробка більш ефективних прийомів адаптивних агротехнологій вирощування, впровадження мінімальних і нульових технологій обробітку ґрунту, які спрямовані на збереження вологи, мульчування й щілювання ґрунту тощо. Проте, найбільш ефективним є застосування зрошувальних меліорацій у поєднанні із фертигацією. Приріст урожайності від оптимізації водного та поживного режимів є найбільш дієвим і становить від 100 до 380 % порівняно із незрошуваними умовами [214, 215].

Вивченню впливу способів зрошення на ростові процеси й урожайність зернової кукурудзи в умовах Степу України присвячено наукові роботи вчених Інституту зрошуваного землеробства НААН (ІЗЗ), а також Херсонського державного аграрного університету (ХДАУ).

Відмінність і новизна проведених нами досліджень полягає в комплексному вивченні ростових процесів, елементів продуктивності зернової кукурудзи за різних способів зрошення в короткоротаційній сівозміні «soя – кукурудза», використанні гібриду з високим потенційним рівнем урожайності та сучасного інструментарію в моніторингу вологості ґрунту. Мета дослідження полягає у вивченні впливу дощування, краплинного зрошення та підґрунтового краплинного зрошення на ростові процеси, структуру врожаю та врожайність зернової кукурудзи.

Встановлено, що у досліді основні біометричні параметри рослин кукурудзи достовірно залежали від прийнятого способу зрошення і меншої мірою – визначались метеорологічними умовами вегетаційного періоду.

Висоту рослин визначали в динаміці під час настання фаз розвитку: 3-5 листок (ВВСН – 13), 6-7 листок (ВВСН – 16), трубкування (ВВСН – 40), цвітіння (ВВСН – 60) та молочна стиглість зерна (ВВСН – 77) (табл. 4.18).

Таблиця 4.18

Динаміка висоти рослин кукурудзи залежно від способів зрошення, м

Фаза розвитку рослин	Дощування	Підґрунтове краплинне зрошення	Краплинне зрошення	Без зрошення	НІР ₀₅
3-5 листок	0,221	0,200	0,235	0,195	0,421
6-7 листок	0,607	0,593	0,623	0,498	0,126
Трубкування	1,569	1,559	1,615	1,085	0,201
Цвітіння	2,761	2,754	2,791	1,699	0,256
Молочна стиглість зерна	2,814	2,802	2,854	1,702	0,288

У фазу 3-5 листків нижча висота рослин була на умовному контролі (без зрошення) та за підґрунтового краплинного зрошення. Нагадаємо, що в цей період (ВВСН – 13) на варіанті з підґрунтовим краплинним зрошенням було проведено лише перший вегетаційний полив, тоді як на інших зрошуваних варіантах уже було проведено в середньому за три роки від 2 до 4 поливів.

Кращу динаміку висоти рослин зазначаємо на варіанті краплинного зрошення, де максимальна висота у фазу «молочної стиглості зерна» становила понад 2,85 м. Варіанти з дощуванням і підґрунтовим краплинним зрошенням були близькими за значення в усі фази розвитку рослин, починаючи з ВВСН – 16. Унаслідок дефіциту вологозапасів значно відставали в рості рослини на контрольному варіанті – 1,70 м у фазу

«молочна стиглість зерна», що менше на 1,12 м, ніж у середньому на зрошуваних варіантах дослідіду.

В якості основних біометричних параметрів, які об'єктивно відображають вплив фактора на ріст рослин, було визначено також ПЛП, ФП і ЧПФ. Параметр ПЛП визначали у період максимального розвитку листового апарату та рослини загалом за ВВСН – 77 (табл. 4.19).

Таблиця 4.19

Площа листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу рослин кукурудзи залежно від способів зрошення

Біометричні параметри	Дощування	Підґрунтове краплинне зрошення	Краплинне зрошення	Без зрошення	НІР ₀₅
ПЛП, тис. м ² /га	50,5	47,9	54,8	28,8	1,8
ФП, млн.м ² х діб/га	3,37	3,33	3,92	1,79	0,22
ЧПФ, г/м ² х добу	12,02	11,90	14,21	3,16	1,6

Максимальне значення ПЛП – 54,8 тис. м² /га було на варіанті краплинного зрошення, що на 7,8 % та 12,6 % більше, ніж за дощування та підґрунтового краплинного зрошення відповідно та в 1,9 разів більше, ніж на контролі. Практично аналогічним чином змінювався в розрізі варіантів дослідіду і параметр ФП: найвищий за краплинного поливу (3,92), близькізначення за дощування і підґрунтового зрошення (3,37 та 3,33 відповідно) та мінімальний (1,79) – на умовному контролі.

Максимального рівня ЧПФ в умовах краплинного зрошення досягла в міжфазний період «цвітіння – формування зерна»: 14,21 г/м² × добу. На 15,4 % нижчим був цей параметр за дощування та на 16,2 % – за підґрунтового зрошення. У цей же період у варіанті з природнім зволоженням – лише 3,16 г/м² × добу.

Структура врожаю (параметри качана й зерна кукурудзи) закономірно відображали встановлені тенденції ростових процесів рослин кукурудзи (табл. 4.20).

Таблиця 4.20

Вплив способів зрошення на структуру врожаю та передзбиральна вологість зерна кукурудзи

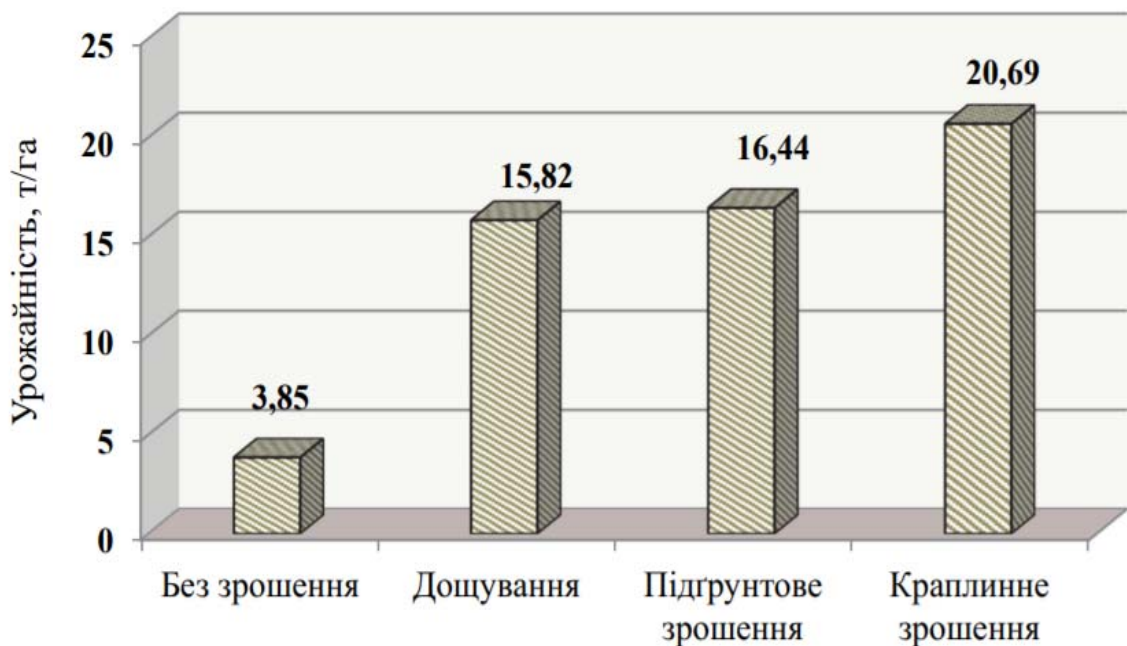
Параметри структури врожаю та вологість зерна	Дощування	Підґрунтове краплинне зрошення	Краплинне зрошення	Без зрошення	НІР ₀₅
Довжина качана, см	20,6	22,7	22,8	14,9	0,8
Вага качана із зерном, г	259,8	284,6	287,0	118,1	10,6
Діаметр качана із зерном, мм	51,1	54,1	54,6	42,5	0,5
Діаметр качана, мм	26,2	28,4	28,6	24,4	0,6
Вага качана, г	30,2	33,8	34,1	22,6	1,2
Кількість рядів, шт.	17,5	19,3	19,2	14,0	1,1
Кількість зерен в ряду, шт.	35,5	37,0	39,5	31,5	2,6
Маса зерна, г	211,1	220,1	236,1	133,9	11,4
Маса 1000 зерен, г	390,1	400,4	414,4	245,2	25,2
Вологість зерна, %	13,8	11,6	12,4	9,6	0,6

Загалом структура врожаю кукурудзи відповідала нормативним показникам згідно з ДСТУ 4525:2006 (Кукурудза. Технічні умови). Вплив способів зрошення на параметри структури врожаю був переважно ідентичний змінам параметрів ростових процесів рослин, проте важливою відмінністю є незначне перевищення всіх показників структури врожаю варіанту з підґрунтовим зрошенням порівняно з дощуванням.

Передзбиральна вологість зерна кукурудзи на всіх варіантах дослідів була нижче базової (14 %). На умовному контролі (без зрошення) вона становила 9,6 %, зростаючи за підґрунтового зрошення до 11,6 %, краплинного зрошення – 12,4 % та за дощування – до 13,8 %.

Найвище значення врожайності зерна кукурудзи отримано за краплинного зрошення – 20,69 т/га, тоді як за підґрунтового укладання

поливних трубопроводів була достовірно нижча врожайність культури – 16,44 т/га. У варіанті з дощуванням зниження врожайності зерна на 0,62 т/га порівняно із підґрунтовим краплинним зрошенням було в межах похибки польового дослідження ($HP_{05} = 1,93$), що вказує лише про тенденції формування цього показника (рис. 4.12).



**Рис. 4.12. Урожайність кукурудзи залежно від способів зрошення, т/га
($HP_{05} = 1,93$ т/га)**

На варіанті умовного контролю (без зрошення) у середньому за три роки отримано найнижчий рівень врожайності – лише 3,85 т/га (рис. 4.12).

Результати досліджень підтверджують існування тісної кореляційної залежності між урожайністю кукурудзи та площею листкової поверхні рослин (рис. 4.13). Отримана залежність описується лінійним рівнянням $y = 0,6227x - 14,133$, а коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,98$.

Таким чином, на основі проведених досліджень підтверджено, що зрошення, у комплексі з іншими агроприйомами, є ключовим фактором інтенсифікації ростових процесів та формування продуктивності посівів

зернової кукурудзи. Встановлено, що максимальні біометричні параметри та врожайність за вирощування кукурудзи забезпечує краплинне зрошення.

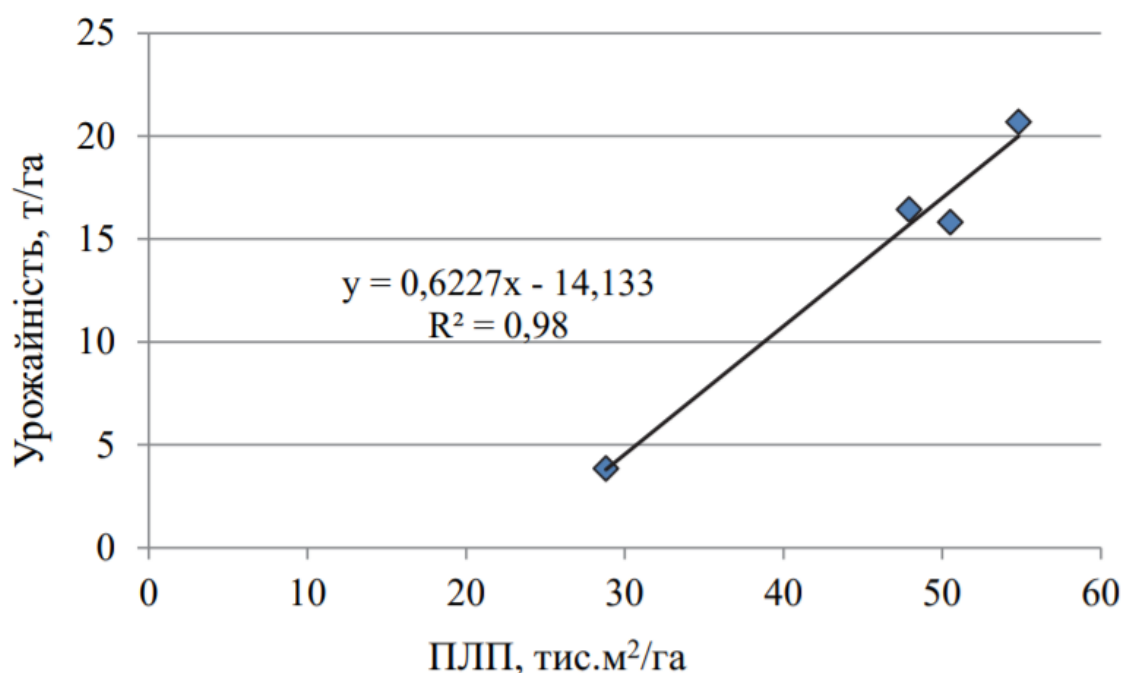


Рис. 4.13. Залежність між урожайністю та ПЛП кукурудзи

Достовірно нижчі та близькі за значеннями показники продуктивності рослин визначено для умов підґрунтового краплинного зрошення та дощування. Найнижчі параметри продуктивності кукурудзи отримано в умовах природнього зволоження, що підтверджує значні ризики й недоцільність вирощування цієї культури в умовах Степу без додаткового штучного зволоження.

Висновки до розділу 4

Зміни у режимі зволоження ґрунту, викликані проведенням поливів, призвели до трансформації структури комплексу личинок коваликів, а саме домінування видів *Agriotes sputator* L. і *Agriotes obscurus* L., які віддають перевагу зволуженим ґрунтам, тоді як на богарі найбільша частка в комплексі належить *Agriotes gurgistanus* Fald., *Agrypnus murinus* L.

В умовах Південного Степу у середньому протягом років досліджень поява совки озимої спостерігали у III декаді травня – II декаді червня.

Зрошення посівів методом дощування є вагомим чинником у обмеженні чисельності гусениць совок. Гусениці совок молодших поколінь L₁-L₂ є більш уразливими до впливу зрошення у посівах кукурудзи. За дощування максимально знижується чисельність яєць совки озимої та шкідників за ранніх стадій розвитку. Зниження частки шкідника у відношенні до умов без зрошення складало 6,8-67,7%.

У зоні Лісостепу України стебловий кукурудзяний метелик пошкоджує 24,0–46,0% рослин і 16–32% качанів кукурудзи. За погодних умов 2014–2016 рр. ураженість качанів кукурудзи фузаріозом становила 14,8–21,3%.

Інтенсивний літ стеблового кукурудзяного метелика (50 % популяції) впродовж років досліджень зафіксовано у 2 декаді червня, 75% - спостерігалось у 1 декаді липня. Пошкодженість рослин в цей період складала в середньому 37,1%, а качанів – 26,6%.

Масовому розмноженню шкідника сприяла значна кількість опадів, тоді як за посушливих умов чисельність його була низькою. При цьому, терміни появи метелика та проходження рослинами фенофаз розвитку культури пришвидшились.

Впродовж досліджень було відмічено, що видовий склад фітофагів зрошуваних посівів пшениці озимої ідентичний видовому складу культурі при відсутності зрошення, проте кількісне співвідношення видів істотно відрізнялось. Більш високу чисельність личинок клопа-черепашки, попелиць та личинок трипсів спостерігали на зрошуваних посівах.

Проведення систематичних поливів протягом вегетації створює оптимальні умови для розвитку патогенних організмів на рослинах соняшнику. Застосування зрошення змінює фітопатогенний комплекс та інтенсивність розвитку та поширення хвороб. В умовах достатньої вологості на соняшнику домінують септоріоз та фомоз. В умовах посухи спостерігається більш інтенсивний розвиток іржі.

Зрошення, у комплексі з іншими агроприйомами, є ключовим фактором інтенсифікації ростових процесів та формування продуктивності посівів зернової кукурудзи.

Викладені в розділі 4 матеріали опубліковано в статтях у наукових фахових виданнях України:

Мельничук Ф.С., Алексеева С.А., Гордієнко О.В., Шатковська К.Б. Вплив зрошення на розвиток совки озимої в посівах пшениці озимої та кукурудзи. Наукові доповіді НУБіП. 2020. №1 (83). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.01.003>

Мельничук Ф.С., Мельничук Л.М., Алексеева С.А., Лікар С.П. Вплив стеблового кукурудзяного метелика на розвиток фузаріозу качана. Карантин і захист рослин. 2017. № 10-12 С. 21–24.

Шатковський А.П., Журавльов О.В., **Мельничук Ф.С.,** Овчатов І.М., Ярош А.В. Вплив способів зрошення на продуктивність кукурудзи. Рослинництво та ґрунтознавство. 2020. № 11 (4). С. 34-42.

Мельничук Ф.С., Марченко О.А., Васильев А.А. Вплив зрошення на фітопатогенний комплекс на соняшнику в умовах Лісостепу України. Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки – Херсон: ВД «Гельветика», 2020. Вип. 116. С. XXX-XXX.

Тези доповідей на наукових конференціях

3. **Мельничук Ф.С.,** Мельничук Л.М., Алексеева С.А. Влияние стеблового кукурузного мотылька на развитие фузариоза кукурузы. Материалы международной научно-практической конференции «Эпидемии болезней растений: мониторинг, прогноз, контроль». Большие Вяземы, 2017. С. 196-203.

РОЗДІЛ 5

ОСОБЛИВОСТІ ВНЕСЕННЯ ПЕСТИЦИДІВ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУРАХ ЗА ЗРОШЕННЯ

5.1 Захист кукурудзи від шкідників за умов зрошення

5.1.1 Інсектигація на кукурудзі проти ґрунтових фітофагів

Зрошення краплинним способом набуває все більшого поширення, зокрема з появою новітніх класів інсектицидів, таких як неонікотіноїди та антраніламідів. Ці препарати, як відомо, більш придатні для застосування через систему краплинного зрошування, оскільки є ефективними проти певних груп комах. Їх активні речовини мають добру розчинність у воді та краще засвоюються корінням рослин. Окрім того, вони розглядаються US EPA (United States Environmental Protection Agency – Управління з охорони довкілля США) як пестициди з низькою або відсутньою фітотоксичністю.

В Україні краплинний спосіб внесення пестицидів із поливною водою при вирощуванні сільськогосподарських культур не завжди використовується або використовується без наукового обґрунтування. Тому, дослідження й оптимізація елементів краплинного режиму інсектигації та доз внесення препаратів, а також встановлення їх впливу на врожайність кукурудзи, є актуальними за сучасних умов сільськогосподарського виробництва.

Метою наших досліджень було вивчення впливу краплинного зрошення на розвиток ґрунтоживучих фітофагів – совок та коваликів, встановлення оптимальних норм інсектицидів для забезпечення комплексного регулювання умов вирощування рослин у конкретному агроценозі, раціонального використання зрошувальної води та засобів захисту рослин.

Підвищена шкідливість та складність контролю чисельності ґрунтоживучих фітофагів, зокрема видів коваликів та підгризаючих совок у

посівах кукурудзи, спонукає до пошуку ефективних та більш екологічно безпечних методів їх контролю. Поряд із вивченням ефективності дії сучасних інсектицидів, не менш важливим є питання ефективного їх застосування з технологічної точки зору. Досить перспективними є напрям застосування препаратів за допомогою систем зрошення сумісно із поливом культури.

В умовах дослідного поля за роки досліджень при проведенні розкопувань ґрунту у посівах кукурудзи було виявлено личинок коваликів різних видів (переважно *Agriotes* spp.) за середньої чисельності 6,5-8,0 екз./м². Варто відмітити, що даний рівень перевищував ЕПШ у кілька разів, що становило високий ступінь небезпеки для сходів культури. Враховуючи особливу небезпеку від пошкодження личинками коваликів проростаючого насіння та сходів, внесення інсектицидів проводили через 1-3 дні після сівби кукурудзи, що припадало на III декаду квітня – I декаду травня.

Як засвідчили результати досліджень, при застосуванні інсектицидів краплинним спосібом забезпечувалося зниження чисельності личинок фітофагів на всіх варіантах досліду, порівняно з контролем (табл. 5.1). Разом з тим, повної загибелі дротяників досягти не вдалося, що пояснюється особливостями їх міграцій та видовим складом. Оскільки, під час зростання зволоження верхніх прошарків ґрунту внаслідок їх поливу, відбувалися вертикальні міграції личинок коваликів у місця з вищою вологістю (явище позитивного гігротропізму).

При поливі через краплю вода з діючою речовиною препарату потрапляє у ґрунтовий буферний комплекс навколо проростаючого насіння кукурудзи та кореневої системи сходів, яка вбирає цей токсичний розчин. При цьому препарат, проникаючи в рослину через корені, робить її токсичною для дротяників.

Ефективність інсектицидів значною мірою залежить від довжини кореневої системи культури, а також наявності достатньої кількості вологи

для росту рослин та засвоєння (всмоктування) інсектицидів. На початку формування сходи кукурудзи мають невелику кореневу зону. Поки рослина росте, корені продовжують всмоктувати інсектицид з ґрунтового розчину, що подовжує тривалість його токсичної дії. Дротяники, мігруючи в пошуках корму для живлення у токсиковані прошарки ґрунту, зазнавали контактної дії інсектицидів.

Таблиця 5.1

**Ефективність застосування інсектицидів на кукурудзі проти личинок
коваликів за різних норм витрати препаратів
(Київська обл., с. Любарці, ФГ «Король»)**

Назва препарату	Норма витрати л/га	Ефективність, %
Контроль	-	*7,0 екз./м ²
Кораген 20, КС	0,4	88,6
	0,6	91,4
Ампліго 150 ЗС ФК	0,6	91,4
	1,2	94,3
Воліам Флексі 300 SC, КС	0,15	91,4
	0,3	97,1
Енжіо, 247 SC, к.с.	0,15	88,6
	0,3	91,4
Карате Зеон 050 CS, мк.с.	0,4	80,0
	0,6	82,9
Актара, 24% к.с.	0,3	85,7
	0,6	91,4
Каліпсо 480 SC, КС	0,375	82,9
	0,5	88,6
Борей 20, КС	0,10	85,7
	0,14	91,4
НІР ₀₅		5,2

Примітка: * – щільність шкідника на контролі (екз./м²) на період проведення обліку на 14-й день після обробки – поливу

При застосуванні способом краплинного зрошування відбувалося змочування та насичення діючими речовинами інсектицидів не всієї поверхні дослідної ділянки, а лише смуги біля рядка з рослинами культури. Завдяки цьому, концентрація діючих речовин у прикореневій зоні рослин майже вдвічі перевищувала відповідний їх показник за фоліарного зрошення. Саме цим обумовлена висока ефективність досліджуваних препаратів за краплинного внесення. Надійний захист кукурудзи отримали на варіанті із інсектицидом Воліам Флексі 300 SC, КС за краплинного внесення. Так, ефективність вказаного препарату за норми витрати 1,0 л/га складала 97,1%.

При підборі інсектицидів необхідно керуватися, перш за все, біологічними особливостями комах, характером розподілу препарату в рослинах та здатності його контролювати чисельність шкідника впродовж бажаного періоду часу. Біологічна ефективність захисних заходів може значно знижуватися у посівах кукурудзи при наявності гусениць середніх та старших віків. Тому важливо встановити період, коли відроджені гусениці перебувають у I-II віках. Впродовж періоду досліджень проводився моніторинг фаз росту і розвитку цих фітофагів. Відродження гусениць першого покоління припадало переважно на кінець травня – першу декаду червня. Їх чисельність при цьому перевищувала рівень ЕПШ і сягала 6,4-7,0 екз./м².

Застосування інсектицидів для контролю гусениць совки здійснювали у II-III декадах червня. При проведенні розкопувань ґрунту через 2 тижні після внесення препаратів встановлено високий рівень загибелі шкідника (табл. 5.2). За умов краплинного зрошування, контроль личинок совки виявився ефективним, сягаючи 85,7-100%. Відмічено, що рівень загибелі шкідника суттєво залежав від препарату та норм його витрати. Так, на варіанті з максимальною нормою інсектицидів найвищу ефективність забезпечили препарати Воліам Флексі 300 SC, КС, Ампліго 150 ZC ФК та Енжіо, 247 SC, к.с. (97,1-100%).

Таблиця 5.2

**Ефективність застосування інсектицидів на кукурудзі проти гусениць
совки озимої за різних норм витрати
(Київська обл., с. Любарці, ФГ «Король»)**

Назва препарату	Норма витрати л/га	Ефективність, %
Контроль	-	*6,6 екз./м ²
Кораген 20, КС	0,4	91,4
	0,6	94,3
Ампліго 150 ЗС ФК	0,6	94,3
	1,2	97,1
Воліам Флексі 300 СС, КС	0,5	94,3
	1,0	100,0
Енжіо, 247 СС, к.с.	0,15	91,4
	0,3	97,1
Карате Зеон 050 СС, мк.с.	0,4	85,7
	0,6	88,6
Актара, 24% к.с.	0,3	88,6
	0,6	94,3
Каліпсо 480 СС, КС	0,375	91,4
	0,5	91,4
Борей 20, КС	0,10	88,6
	0,14	91,4
НІР ₀₅		3,8

Примітка: * – щільність шкідника на контролі екз./м² на період проведення обліку на 14-й день після обробки.

Дещо нижчими за показником ефективності були варіанти Кораген 20, КС та Актара, 24% к.с. (94,3%). Висока ефективність інсектицидів за умов їх краплинного внесення пояснюється тим, що, порівняно з дощуванням, токсикація сходів культури діючими речовинами відбувається швидше, внаслідок їх потрапляння до прикореневої зони рослин і, відповідно, рівень захисту стає максимальним.

Рух діючих речовин препаратів через ґрунт під час інсектигації частково залежить від текстури ґрунту та кількості органічної речовини в

грунті. Так, зрошувальна вода, потрапляючи в піщані ґрунти, буде просочуватися у глибші горизонти. Тоді як у глинистих ґрунтах вода затримуватиметься біля поверхні значно довше. Крім того, ґрунти з високою кількістю органічної речовини можуть фактично зменшити доступність інсектициду для поглинання коренями, залежно від його хімічних властивостей.

Фізико-хімічні властивості інсектициду, зокрема розчинність у воді та коефіцієнт розподілу (коефіцієнт розподілу n-октанол/вода), впливають на рух інсектициду в ґрунті та дають змогу визначати, як найкраще застосовувати препарат за допомогою інсектигації. Наприклад, через малу розчинність у воді та низькі коефіцієнти розподілу, діючі речовини інсектицидів імідаклоприд, клотіанідин та хлорантраніліпрол є малорухливими у ґрунті. Таким чином, такі препарати слід вводити у систему краплі на початку поливу, з подальшим тривалим періодом зрошення для транспортування діючої речовини в кореневу зону. Навпаки, інсектициди з більшою розчинністю у воді та високою рухливістю у ґрунті, зокрема тіаматоксам, слід застосовувати у середню третину циклу зрошення, щоб уникнути вимивання діючої речовини з кореневої зони.

В даний час на багатьох етикетках для інсектицидів, які дозволені для застосування методом краплинного зрошення, є рекомендації стосовно оптимального часу для ін'єкцій під час поливу саме для цього конкретного інсектициду. Зниження чисельності гусені совки та личинок коваликів на варіантах досліду сприяло збереженню густоти стояння рослин та одержанню вищої врожайності зерна кукурудзи (табл. 5.3). При застосуванні кількох-компонентних інсектицидів, зокрема Воліам Флексі 300 SC, КС, Ампліго 150 ZС ФК та Енжіо, 247 SC, к.с. за максимальних їх норм витрати, густина рослин кукурудзи в середньому сягала 84-88 тис./га, на 18,3-23,9%

перевищуючи показник контролю. Це дало змогу одержати відповідно на 2,0-2,4 т/га вищу врожайність зерна.

Таблиця 5.3

Вплив застосування інсектицидів та їх норм витрати на продуктивні показники кукурудзи (Київська обл., с. Любарці, ФГ «Король»)

Назва препарату	Норма витрати л/га	Густота рослин перед збиранням, тис./га	Урожайність, т/га
Контроль	-	71	15,1
Кораген 20, КС	0,4	82	16,2
	0,6	85	16,8
Ампліго 150 ЗС ФК	0,6	83	16,9
	1,2	87	17,1
Воліам Флексі 300 СС, КС	0,5	85	16,7
	1,0	88	17,5
Енжіо, 247 СС, к.с.	0,15	81	16,9
	0,3	84	17,3
Карате Зеон 050 СС, мк.с.	0,4	78	16,4
	0,6	81	16,8
Актара, 24% к.с.	0,3	81	16,1
	0,6	81	16,5
Каліпсо 480 СС, КС	0,375	77	16,0
	0,5	80	16,6
Борей 20, КС	0,10	79	16,5
	0,14	83	17,0
НІР ₀₅		2,5	1,2

Застосування пестицидів разом з краплинним зрошенням має багато переваг, порівняно з дощуванням. Зокрема, при краплинному внесенні усувається таке явище, як знесення пестицидів вітром, а також непродуктивні втрати робочого розчину поза межами листової поверхні рослин, мінімізується вплив навколишнього середовища. Так, інсектициди можна застосовувати шляхом краплинного зрошення, коли погодні умови ускладнюють або унеможливають використання обладнання для дощування.

Таким чином, при вивченні та удосконаленні заходів контролю ґрунтоживучих шкідників у посівах кукурудзи, важливо враховувати різні аспекти системи захисту. Зокрема правильний підбір інсектицидів, визначення ефективних норм витрат, спосіб застосування – наземне обприскування або через систему поливу – фоліарне чи краплинне внесення і т.д. Напрямок даних досліджень безумовно є цікавим та перспективним і потребує подальшого аналізу та вивчення.

В умовах Лісостепу України для захисту посівів кукурудзи, що вирощуються на краплинному зрошенні, від шкідників, зокрема від личинок коваликів та гусениць озимої совки є доцільним внесення інсектицидів методом краплинного внесення. При цьому слід дотримуватись рекомендацій згідно етикеток препаратів, де вказано оптимальний час внесення інсектицидів впродовж циклу зрошення.

Використання інсектицидів одночасно із краплинним зрошенням за рахунок локального їх внесення забезпечувало високу ефективність препаратів проти личинок коваликів, яка сягала 80-97,1%. Рослини кукурудзи під час наступного росту та розвитку продовжували всмоктувати інсектицид з ґрунтового розчину, що подовжувало тривалість токсичної дії препаратів.

Внесення кількох-компонентних інсектицидів, зокрема Воліам Флексі 300 SC, КС, Ампліго 150 ZC ФК та Енжіо, 247 SC, к.с. за максимальних норм їх витрати дало змогу одержати густоту стояння рослин на 18,3-23,9%, а врожайність зерна на 2,0-2,4 т/га вищу, порівняно з контролем.

Застосування інсектицидів через систему краплинного зрошення є перспективним напрямком в захисті рослин і може успішно використовуватись для захисту кукурудзи від різних видів фітофагів. Перевагою таких систем є змога швидкого застосування пестицидів у зручний для сільгоспвиробника час, незалежно від погодних умов.

5.1.2 Пестигація на кукурудзі проти стеблового кукурудзяного метелика

Дослідження проводили протягом вегетаційних періодів 2015-2018 років. Вивчення ефективності дії систем захисту проводили на рослинах кукурудзи гібриду ДКС 5276 (ФАО 460, високоінтенсивний гібрид для умов зрошення, оригінатор – «Monsanto» (DEKALB®). Схема посіву 70+70 x 15 см, густина рослин – 95,24 тыс. шт./га. Посів на дослідних ділянках проводили у другій декаді квітня. Перші сходи було відмічено на 7-8-й день. Попередник посівів жито озиме на дощуванні, $N_{80}P_{70}K_{55}$.

Основне внесення добрив проведено навесні перед посівом $N_{65}P_{65}K_{65}$, підкормки періодично з поливною водою (фертигація) протягом вегетаційного періоду – $N_{185}P_{70}K_{125}$. Запланована врожайність культури 19 т/га.

Зрошення ділянок проводилось крапельним способом поливу, рівень передполивної вологості – 85-90 % від найменшої вологоємності кореневмісного шару ґрунту (шар – 0-75 см). Укладка крапельної стрічки – через 1 міжряддя на глибину 3 см. Всього за вегетаційний період кукурудзи було проведено 29 вегетаційних поливів нормою від 135 до 165 м³/га (зрошувальна норма = 4400 м³/га). Призначення строків вегетаційних поливів проводилось тензометричним методом. Першу обробку згідно розроблених схем проводили у першій декаді червня, другу – через 14 днів.

Перші обліки чисельності стеблового метелика проведено перед першою обробкою препаратами. Було відмічено появу перших особин на рослинах, однак їх чисельність не перевищувала економічного порогу шкодочинності (ЕПШ).

Перед збиранням врожаю пошкодженість рослин шкідником на контролі становила 37,8% та 39,4% відповідно до типів внесення препаратів. Ефективність дії композиції імідаклоприд, 150 г/л + лямбда - цигалотрин, 50 г/л навіть в кінці вегетації залишалась достатньо високою 91,4-92,6%

(традиційне внесення) та 75,3-84,6% (пестигація). Вища ефективність дії при внесенні традиційним способом обумовлена можливістю корегування строків внесення в залежності від фітосанітарного стану дослідних ділянок (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Ефективність інсектицидів проти шкідників на посівах кукурудзи перед збиранням врожаю (гібрид ДКС 5276, Херсонська обл., 2015-2018 рр.)

Варіант досліджу	Норма витрати препарату, л/га	Ефективність, %			
		Традиційне внесення		Пестигація	
		Стебловий метелик	Фітотоксичність	Стебловий метелик	Фітотоксичність
Контроль (без обробки)	–	37,8 *	-	39,4*	-
імідаклоприд, 150 г/л + лямбда - цигалотрин, 50 г/л	0,12	91,4	0	75,3	0
імідаклоприд, 150 г/л + лямбда - цигалотрин, 50 г/л	0,14	92,6	0	84,6	0

Примітка : * - пошкоджено рослин, %

Фунгітоксичної дії досліджуваних препаратів як за традиційного внесення, так і за пестигації не відмічено.

Таким чином, використання інсектицидів з діючими речовинами імідаклоприд, 150 г/л + лямбда - цигалотрин, 50 г/л забезпечували найвищу ефективність дії проти шкідників на кукурудзі.

Пестигація є перспективним напрямком в захисті рослин і може успішно використовуватись для захисту кукурудзи від різних видів фітофагів.

5.2 Пестигація проти шкідників сої

Дослідження ефективності систем захисту посівів сої проводились на сорті Оксана (середньоранній сорт для умов Степу, оригінатор – Інститут зрошувального землеробства НААН та Інститут кормів і сільського господарства Поділля НААН. Не містить ГМО). Схема посіву на дослідних ділянках 15+15 x 11 см, густина рослин – 605-610 тис. шт./га. Розмір ділянок 100 м² (10 x 10 м), розміщення рендомізоване в чотирьохкратній повторності.

Посів проводили у третій декаді квітня. Попередник кукурудза на крапельному зрошенні, N₂₀₀P₁₀₀K₁₂₀.

Добрива вносили одночасно з посівом – локальне внесення нітроамофоски 17:17:17 – 265 кг/га (N₄₅P₄₅K₄₅). Протягом вегетаційного періоду – підживлення з поливною водою методом фертигації – N₈₀P₃₅K₃₅, + двократна позакореневе підживлення «Plantafol» 20:20:20 – 1,5 + 1,5 кг/га. Запланована врожайність бобів – 6-7 т/га.

Зрошення ділянок проводилось крапельним способом поливу, рівень передполивної вологості – 90-80 % від найменшої вологості кореневмісного шару ґрунту (шар – 0-30 см; 0-40 см – по фазам розвитку рослин). Укладка крапельної стрічки – через 3 міжряддя на глибину 2-3 см. Всього за вегетаційний період сої було проведено 35 вегетаційних поливів нормою від 120 до 140 м³/га (зрошувальна норма = 4650 м³/га). Призначення строків вегетаційних поливів проводилось тензометричним методом.

Внесення інсектицидів проводили на 51-53 та 60-61 етапах за шкалою ВВСН.

Перші обліки чисельності акацієвої вогнівки та тютюнового трипсу проведено перед першою обробкою препаратами. Було відмічено появу перших особин на рослинах, однак їх чисельність не перевищувала економічного порогу шкодочинності (ЕПШ). Появу тютюнового трипсу відмічено в другій декаді травня. Перед збиранням врожаю кількість

шкідників на контролі досягла 6,4 – 7,6 шт./10 рослин акацієвої вогнівки та 8,7 - 9,3шт./10 рослин тютюнового трипсу відповідно до типів внесення препаратів. Ефективність проти акацієвої вогнівки діючої речовини імідаклоприд, 200 г/л навіть в кінці вегетації залишалась достатньо високою 78,3-95,4% (традиційне внесення) та 74,2-87,5% (пестигація). Відповідно проти тютюнового трипсу ці показники становили 84,6-93,2% (традиційне внесення) та 82,3-94,7% (пестигація). Вища ефективність дії при внесенні традиційним способом обумовлена можливістю корегування строків внесення в залежності від фітосанітарного стану дослідних ділянок (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

Ефективність інсектицидів проти шкідників на посівах сої перед збиранням врожаю (сорт Оксана, Херсонська обл., 2015-2018 рр.)

Варіант досліджу	Норма витрати препарату, л/га	Ефективність, %			
		Традиційне внесення		Пестигація	
		Акацієва вогнівка	Тютюновий трипс	Акацієва вогнівка	Тютюновий трипс
Контроль (без обробки)	–	6,4*	8,7*	7,6*	9,3*
імідаклоприд, 200 г/л	0,2	78,3	84,6	74,2	82,3
імідаклоприд, 200 г/л	0,25	95,4	93,2	87,5	94,7

Примітка : * - чисельність, особин/10 рослин.

Фунгітоксичної дії досліджуваних препаратів як за традиційного внесення, так і за пестигації не відмічено.

Таким чином, використання інсектициду на основі активного інгредієнту імідаклоприду, 200 г/л забезпечувало високу ефективність дії проти шкідників сої.

5.3. Захист овочевих культур від шкідників за умов краплинного зрошення

5.3.1. Контроль чисельності шкідників томатів за умов краплинного зрошення

В умовах півдня України овочеві культури, зокрема пасльонові (*Solanacea*), є найбільш вимогливими до вологості ґрунту. Дефіцит вологи, що є основним лімітуючим фактором у формуванні оптимальних урожаїв, у цьому регіоні компенсується штучним зволоженням – зрошенням. Дедалі більшого поширення останніми роками набуває краплинне зрошення [171].

Новітні класи інсектицидів, такі як неонікотіноїди та антраніламідів, особливо придатні для застосування через систему краплинного зрошування, оскільки вони є ефективними проти певних груп комах. Їх активні речовини мають добру розчинність у воді та засвоюються корінням рослин. Окрім того, вони розглядаються US EPA (United States Environmental Protection Agency – Управління з охорони довкілля США) як пестициди з низькою або відсутньою фітотоксичністю.

У «Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні» разом із краплинним внесенням на томатах можна застосовувати імідаклоприд (Конфідор, 20% в.р.к.) та тіаметоксам (Актара 25 WG, в. г.) із неонікотіноїдів, а із антраніламідів – циантраніліпрол (Верімарк, КС).

Метою досліджень було порівняння ефективності інсектицидів проти колорадського жука на томатах за застосуванням їх різними способами: обприскування та внесення із краплинним зрошенням.

При проведенні фітосанітарної оцінки дослідних ділянок томатів перед обробкою їх інсектицидами було встановлено високу чисельність імаго та личинок колорадського жука. Так, у 2016 році їх нараховувалось в

середньому 22,1 екз./кущ, у 2017 р. – 16,9 екз./кущ, а у 2018 р. – 26,8 екз./кущ.

Як свідчать одержані дані, досліджувані препарати на томатах були ефективними проти колорадського жука, як за обприскування, так і за краплинного внесення (рис. 5.1). На 7 добу після обприскування інсектицидами найбільшу ефективність проти колорадського жука відмічали у варіантах Енжіо 24,7 к.с. (93,1%), Кораген (91,9%) та Воліам флексі 300 SC, к.с. (90,3%). При цьому на рослинах томатів нараховували в середньому 1,7-2,2 екз./кущ фітофага, а на контролі його чисельність сягала 24,0 екз./кущ. На інших варіантах (Конфідор, 20% в.р.к., Моспілан, 20% р.п. та Каліпсо, 48% к.с., Актара, 24% к.с.) ефективність була на рівні 80,0-85,6%.

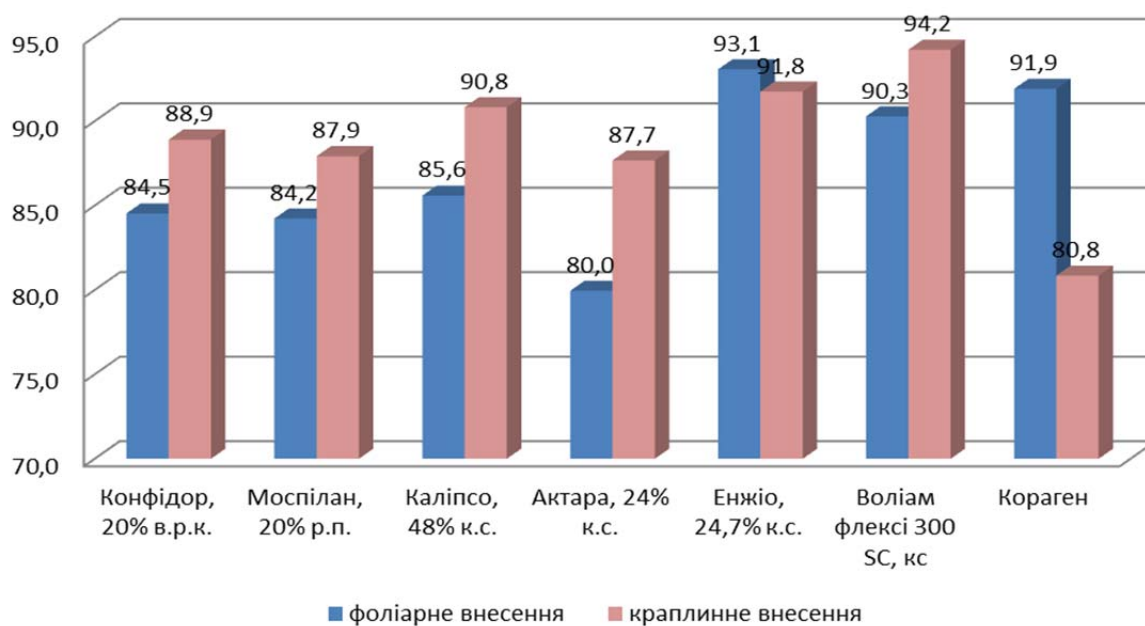


Рис. 5.1 Ефективність інсектицидів проти колорадського жука на 7-й день після застосування (2016-2018 рр.)

За краплинного внесення найвищу ефективність було визначено у варіанті із застосуванням комбінованого препарату Воліам флексі 300 SC, к.с. (94,2%), де чисельність фітофага на кущах картоплі складала у середньому 1,3 екз./кущ, що в 18,5 разів менше, ніж на контролі. Дещо нижчу ефективність забезпечували варіанти із Енжіо 24,7 к.с. (91,8%), Каліпсо, 48%

к.с. (90,8%). Найменшу загибель личинок та жуків за краплинного внесення відмічали на варіанті із Корагеном (80,8%), на рослинах томатів нараховували в середньому 4,7 екз./кущ фітофага. Різниця по ефективності, в порівнянні із обприскуванням була на рівні 11,1%.

Через 14 днів після внесення інсектицидів, їх ефективність проти колорадського жука знижувалась, враховуючи появу нових личинок шкідника молодших віків (за чисельності 36,3 екз./кущ на контролі) (рис. 5.2).

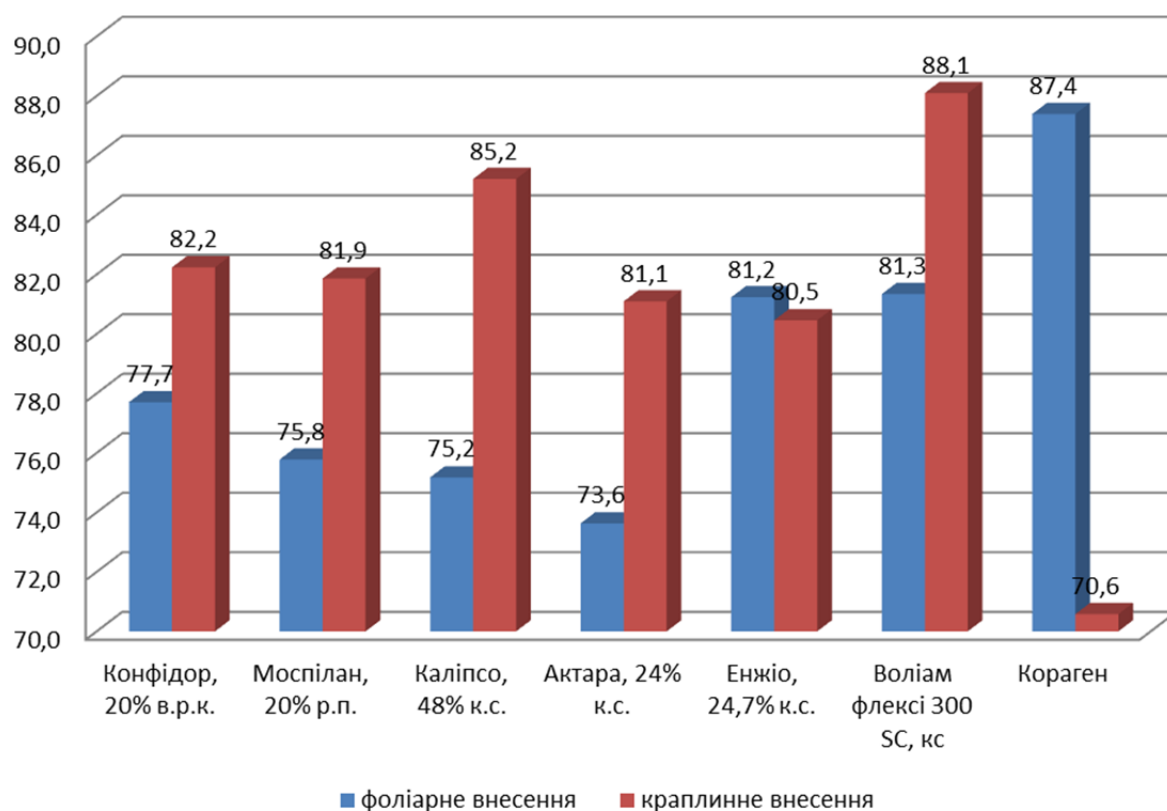


Рис. 5.2 Ефективність інсектицидів проти колорадського жука на 14-й день після застосування (2016-2018 рр.)

Однак, за обприскування ефективність на варіантах із внесенням Конфідор, 20% в.р.к., Моспілан, 20% р.п., Каліпсо, 48% к.с. та Актара, 24% к.с. зменшилась до 73,6-77,7%, а за краплинного внесення – до 81,1-85,2%. Найвищу ефективність за краплинного внесення забезпечував інсектицид Воліам флексі 300 SC, к.с. (88,1%), а за звичайного – Кораген (87,2%).

Важливо відмітити те, що застосування інсектицидів Воліам флексі 300 SC, к.с., Конфідор, 20% в.р.к., Моспілан, 20% р.п., Каліпсо, 48% к.с. та Актара, 24% к.с. методом краплинного внесення подовжує їх ефективність до 21 дня і більше, виключаючи необхідність повторного їх застосування (рис. 5.3). На варіантах із звичайним внесенням вже через 14 днів було проведено повторну обробку інсектицидами.

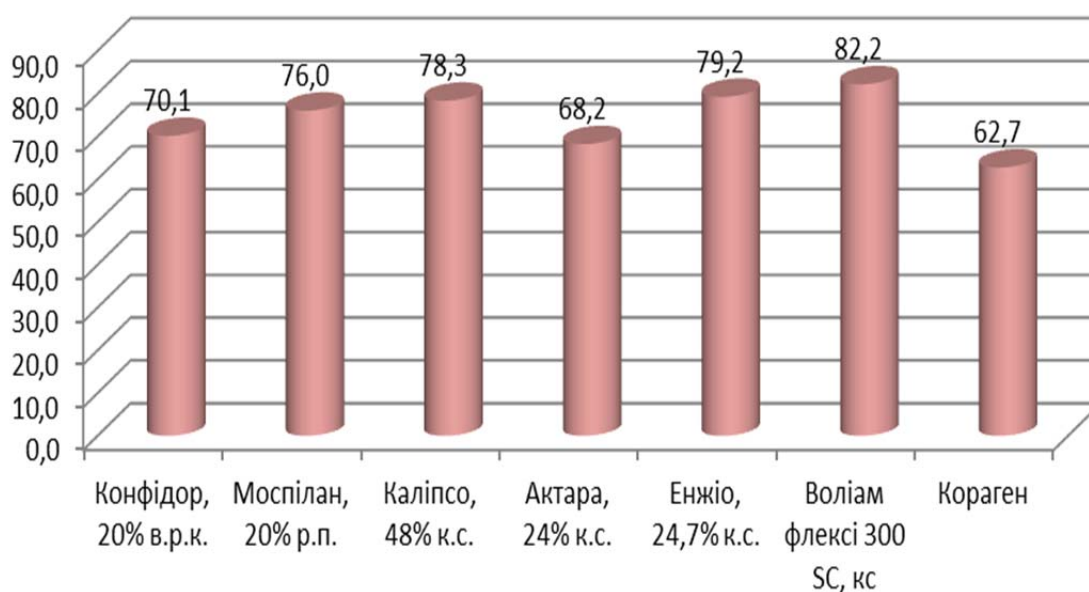


Рис. 5.3 Ефективність інсектицидів проти колорадського жука на 21-й день після застосування (2016-2018 рр.)

Пролонговану дію інсектицидів за краплинного зрошення можна пояснити тим, що розчин з діючою речовиною препарату через краплю потрапляє у ґрунтовий буферний комплекс навколо кореневої системи культурних рослин, яка вбирає цей токсичний розчин. При цьому препарат, потрапляючи в рослину через корені, робить її токсичною для комах-фітофагів. Поки рослина росте, корені продовжують всмоктувати інсектицид з ґрунтового розчину. При цьому препарат транспортується до існуючих листків та нового приросту, забезпечуючи високу ефективність та тривалість захисту від шкідників.

Внесення пестицидів разом з краплинним зрошенням має багато переваг, порівняно з обприскуванням. Зокрема, при краплинному внесенні усувається таке явище, як знесення пестицидів вітром, а також непродуктивні втрати робочого розчину поза межами листової поверхні рослин, мінімізується вплив навколишнього середовища та зменшується вплив працівників на застосування пестицидів. Хімігація може підтримувати вологість ґрунту на достатньому рівні, тим самим підвищуючи ефективність інсектицидів. Крім того, знижується до мінімуму вплив погодних та польових умов ґрунту. Так, інсектициди можна застосовувати шляхом краплинного зрошення у вітряну або дощову погоду, а також коли ґрунтові умови ускладнюють або унеможливають використання наземного обладнання для обприскування.

Таким чином, в умовах півдня України для захисту томатів, що вирощуються на краплинному зрошенні, від шкідників, зокрема від колорадського жука є доцільним внесення інсектицидів методом краплинного внесення. При цьому слід дотримуватись рекомендацій згідно етикеток препаратів, де вказано оптимальний час внесення інсектицидів впродовж циклу зрошення.

Використання інсектицидів одночасно із краплинним зрошенням за рахунок локального їх внесення забезпечувало високу ефективність препаратів проти личинок колорадського жука, подовжувало тривалість токсичної дії препаратів, порівняно зі способом обприскування.

Застосування інсектицидів через систему краплинного зрошення є перспективним напрямком в захисті рослин і може успішно використовуватись для боротьби з різними комахами-шкідниками овочевих культур. Оскільки багато овочівників вже використовують краплинне зрошення, то в їх системах поливу можна легко і зручно застосувати пестициди за рахунок додавання насосу для ін'єкцій і необхідного

обладнання для введення розчинних пестицидів (крани-вимикачі, зворотні клапани та ін.).

5.3.2 Хімігація капусти білоголової та вплив її на шкідливі організми

З овочевих культур велику цінність представляє білокачанна капуста (*Brassica oleracea* L.) - джерело вітамінів, вуглеводів та мінералів. В Україні у структурі посівних площ овочевих рослин вона займає більше 20%. Її вирощують у відкритому та захищеному ґрунті. Валове виробництво капусти у 2016-2017 роках зросло на 30% і становить в середньому 1,5 млн. т/рік.

Ґрунтово-кліматичні умови України сприяють отриманню високих врожаїв білокачанної капусти різних сортів. На дослідних полях і в прогресивних господарствах, застосовуючи науково обґрунтовану агротехніку, отримують 60-80, а іноді до 110 т/га пізньої капусти. Однак, в середньому, врожайність культури в даний час складає менше 40 т/га. Порівняно низьку врожайність можна пояснити невідповідністю умов вирощування, в першу чергу, водного та харчового режимів ґрунту. Капусту вирощують, в основному, на зрошуваних землях із внесенням збалансованих доз мінеральних добрив [82, 170].

Однією з причин, що знижує врожайність капусти, є значні втрати викликані фітофагами. Вони перешкоджають отриманню продукції високої якості, придатної для реалізації і зберігання.

Із поліфагів переважають твердокрилі – 38,7%, лускокрилі – 29,0%, прямокрилі – 12,9%. Зі спеціалізованих – твердокрилі складають 44,5%, лускокрилі – 22,2%, клопи – 16,6%, двокрилі – 11,0% і рівнокрилі – 5,4%. Найбільш поширені капустяна совка (*Mamestra brassicae* L.), капустяна міль (*Plutella maculipennis* Curt.), капустяний (*Pieris brassicae* L.) і ріпаковий

(*Pieris rapae* L.) білани, капустяна попелиця (*Brevicoryne brassicae* L.) Пошкодження капусти комахами призводить до втрат 40-60% врожаю. При цьому погіршується якість качанів і зменшується тривалість зберігання [16].

Внесення засобів захисту рослин за допомогою систем краплинного зрошення є одним із перспективних напрямків для захисту овочевих культур. На даному етапі розвитку овочівництва в Україні розроблено рекомендації щодо внесення з поливною водою інсектицидів Конфідор, в.р.к. та Актара 25 WG. Використання цього способу внесення інсектицидів для захисту овочів дозволяє значно поліпшити екологічний (та фітосанітарний стан) овочевих плантацій, санітарно-гігієнічний стан посівів і робочої зони для сільгоспробітників [218].

При краплинному зрошенні препарати системної дії легко поглинаються кореневою системою при внесенні їх з поливною водою та швидко розповсюджується по всій рослині, включаючи молодий приріст. Концентрація в клітинному сокові діючих речовин сприяє ефективному знищенню шкідливих організмів, зокрема це позначається на тривалості захисної дії.

Метою наших досліджень було вивчення впливу краплинного зрошення на розвиток шкідливих об'єктів (фітофагів та збудників хвороб), встановлення оптимальних норм пестицидів при різному поливі, що забезпечить комплексне регулювання умов вирощування рослин у конкретному агроценозі, раціональне використання зрошувальної води та засобів захисту рослин.

Згідно наших спостережень, основними фітофагами капусти були блішки (на ранніх етапах органогенезу), в подальшому (фаза початок утворення головки) - гусінь лускокрилих (ріпакового та капустяного біланів, капустяної совки, капустяної молі).

Зрошення – є найважливішим із факторів, який істотно змінює умови життя як культури, так і самих шкідливих організмів. Щодо фітофагів на капусті, яка вирощувалась за різних умов поливу, було встановлено, що їх видовий склад дещо відрізнявся. При фоліарному зрошенні для попелиць, блішок та лускокрилих створювались більш сприятливі мікрокліматичні та умови живлення, чим і пояснюється їх висока чисельність.

Впродовж вегетаційних періодів 2016–2018 років спекотна та суха погода сприяли інтенсивному заселенню посадок капусти і пошкодженню хрестоцвітими блішками. Велика чисельність жуків на капустяному агроценозі відмічалась вже на 3–4 добу після висадки розсади на поле. Враховуючи шкідливість хрестоцвітих блішок, нами здійснювався пошук ефективних інсектицидів проти вказаних шкідників.

Наведені у таблиці 5.6 дані свідчать про те, що на початкових етапах росту рослин капусти, чисельність фітофагів як на контрольних варіантах, так і на ділянках із застосуванням інсектицидів, була меншою за краплинного методу внесення препаратів. Відмічено зниження пошкоженості рослин на всіх ділянках, проте за краплинного методу поливу ефективність препаратів була більшою.

Таблиця 5.6

Ефективність інсектицидів проти хрестоцвітих блішок на капусті при зрошенні (Білоцерківська дослідна станція, 2016-2018 рр.)

Варіант	Бал пошкодження		Ефективність, %	
	краплинне внесення	фоліарне внесення	краплинне внесення	фоліарне внесення
контроль	5	6,8		
Актара 240 SC, к.с.	0,6	1,3	88,3	83,3
Воліам Флексі 300 SC, кс	0,4	1,1	92,0	86,9
Проклейм 5 SG, р.г.	2,4	3,8	52,7	49,7
Карате Зеон 050 CS, мк.с.	0,9	1,5	84,0	79,5
НІР ₀₅	0,5	0,3	6,0	3,2

Із досліджуваних інсектицидів, за різного способу внесення, кращі результати отримано на варіантах із Воліам Флексі 300 SC, к.с. та Актара 240 SC, к.с. Їх ефективність становила 92,0 та 88,3 %. Препарат Проклейм 5 SG, р.г. проявив низький рівень захисту, як за фоліарного внесення, так і за краплинного поливу. Пошкодженість рослин блішками була вищою на варіанті за звичайного способу обприскування всіх ділянок досліді, а ефективність, відповідно, меншою.

Капустяна попелиця та лускокрилі фітофаги (капустяний білан, капустяна совка та капустяна міль) почали відмічатись на рослинах культури у фазу початку формування головки капусти. Бал заселення попелицями контролю при краплинному зрошенні був в 1,3 рази нижчим в порівнянні із фоліарним (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

Ефективність застосування інсектицидів на капусті проти попелиць за зрошення (Білоцерківська дослідна станція, 2016-2018 рр.)

Варіант	Бал заселення		Ефективність, %	
	краплинне внесення	фоліарне внесення	краплинне внесення	фоліарне внесення
Контроль	3,9	5,1		
Актара 240 SC, к.с.	0,3	0,6	91,6	88,1
Воліам Флексі 300 SC, КС	0,1	0,5	96,8	91,1
Проклейм 5 SG, р.г.	1,9	2,9	53,1	47,9
Карате Зеон 050 CS, мк.с.	0,6	0,9	84,8	81,5
НІР ₀₅	0,3	0,4	5,6	7,2

При польовій оцінці інсектицидів проти цих шкідників було відмічено, що на варіанті із застосуванням препарату Воліам Флексі 300 SC, КС за краплинного зрошення його ефективність проти фітофага була найвищою і складала в середньому 96,8%, а за звичайного внесення – 91,1%. У варіанті з

інсектицидом Актара 240 SC, к.с. щільність попелиць складала 0,3 бали за краплинного зрошення при ефективності препарату 91,6%, а при фоліарному - 0,6 бали та ефективності 88,1%.

При застосуванні піретроїду Карате Зеон 050 CS, мк.с. ефективність проти попелиць на посівах капусти була дещо нижчою, порівняно з неонікотинοїдними препаратами. Використання інсектициду Карате Зеон 050 CS, мк.с. зменшувало заселеність рослин культури цим шкідником майже у 6,5 разів при крапельному зрошенні та у 5,7 разів при фоліарному, порівняно з контролем.

Чисельність лускокрилих фітофагів у фазу початку формування головки капусти перевищувала рівень ЕПШ (4-7 гусениць/рослину), а відсоток заселених рослин становив 26,7-21,3% (табл. 5.8).

Таблиця 5.8

**Захист капусти від лускокрилих шкідників за різних способів поливу
(Білоцерківська дослідна станція, 2016-2018 рр.)**

Варіант	Заселено рослин, %		Ефективність, %	
	краплинне внесення	фоліарне внесення	краплинне внесення	фоліарне внесення
Контроль	26,7	21,3	-	-
Актара 240 SC, к.с.	2,5	2,9	91,0	86,1
Воліам Флексі 300 SC, кс	1,3	2,2	95,2	90,4
Проклейм 5 SG, р.г.	1,9	2,5	93,4	88,1
Карате Зеон 050 CS, мк.с.	3,8	4,1	85,9	80,5
НІР ₀₅	1,1	1,3	1,5	2,3

У варіантах із застосуванням інсектицидів відбувалось зниження чисельності гусені шкідників за обох способів внесення препаратів. Проте, за фоліарного поливу заселеність рослин була в 1-2 рази більшою, ніж за краплинного способу. Найвищий рівень захисту отримано за внесення

інсектициду Воліам Флексі 300 sc, к.с. краплинним способом – 95,2%. Інші препарати теж проявили високу ефективність та знизили чисельність шкідників: Проклейм 5 SG, р.г. – 93,4%, Актара 240 SC, к.с. – 91,0 %, Карате Зеон 050 CS, мк.с. – 85,9 %. Випробовувані інсектициди за фоліарного внесення забезпечили недостатній рівень захисту капусти від лускокрилих шкідників, їх ефективність на всіх варіантах була на 5 – 9% меншою порівняно із краплинним методом.

Враховуючи результати дослідів, можна стверджувати, що застосування досліджуваних препаратів із краплинним поливом забезпечує високий рівень захисту культури від основних шкідників капусти. Такий спосіб внесення інсектицидів також має пролонговану захисну дію, яка триває 40-55 днів, що на 10-25 днів перевищує звичайне внесення препаратів (обприскування).

5.4 Застосування інсектицидів проти шкідників пшениці озимої

В останні роки відбулося порушення чергування сільськогосподарських культур у сівозмінах більшості господарств, коли одна культура вирощується на одному полі два-три і більше років поспіль. В зоні Лісостепу України характерною є ситуація, коли в господарстві превалюють 3-5 культур (кукурудза, соя, соняшник, озимий ріпак, озима пшениця). В окремих випадках площі під кукурудзою займають до 50-75% від загальної площі орних земель господарства. За надмірного насичення сівозміни однією культурою створюються сприятливі умови для розмноження шкідників та поширення хвороб [150].

Посівам зернових колосових культур в Україні шкодять понад 360 видів комах та інших тваринних організмів, зокрема нематоди, гризуни, птахи, представники інших класів фауни [16]. Особливо небезпечними є

сисні шкідники. Зокрема, спалахи розмноження клопа шкідливої черепашки (КШЧ), злакових попелиць, трипсів, цикадок завдають значного пошкодження рослинам озимої пшениці. Це призводить до недобору урожаю зерна або повної його втрати. Так, за даними Інституту захисту рослин НААН України пошкодження стебла культури лише клопом шкідливою черепашкою може знизити урожайність на 50-54% [180].

У державному «Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні» проти шкідників щороку з'являються нові препарати. Із впровадженням сучасних технологій ведення сільського господарства спостерігається тенденція до зростання обсягів використання високоефективних інсектицидів з низькими нормами витрат, що мінімізує їх вплив на навколишнє середовище. Переважно, це хімічні речовини з групи неонікотиноїдів, які є високоефективними проти шкідників і, водночас, є малотоксичними для організму людини та тварин.

Неонікотиноїди – порівняно новий клас інсектицидів. Одним з чинників успіху застосування цих засобів захисту рослин є те, що вони впливають на шкідників, у яких розвинулась резистентність до інсектицидів з інших груп хімічних речовин. Популярність неонікотиноїдів обумовлена різноманітністю способів їх застосування (обприскування, передпосівна обробка насіння, введення в іригаційну воду в краплинних або зрошуваних системах). Окрім того, ці препарати відкрили нові можливості в розробці засобів захисту насіння [6, 60].

Механізм дії неонікотиноїдів проявляється в порушенні центральної нервової системи комах. Активні речовини препаратів діють як конкурент ацетилхоліну на рецептор постсинаптичної мембрани. При цьому відбувається надмірне збудження нервових клітин і тим самим порушується нормальна провідність нервового імпульсу через синапс, що в свою чергу, є наслідком порушення функціональної діяльності ацетилхолінового рецептору. У підсумку в комах розвиваються конвульсії та параліч, що

призводить до їх загибелі [177, 178].

На ринку України найбільш широко представлені інсектициди з групи неонікотиноїдів на основі таких діючих речовин: імідаклоприд, тіаметоксам, тіаклоприд та ацетаміприд. Для посилення ефективності проти шкідників сільськогосподарських культур також застосовуються їх комбінації з піретроїдами: Енжіо 24,7 % к.с. (тіаметоксам, 141 г/л + лямбда-цигалотрин, 106 г/л); Борей 20 % к.с. (імідаклоприд, 150 г/л + лямбда-цигалотрин, 50 г/л); Коннект 11,25% к.с. (імідаклоприд, 100 г/л + бета-цифлутрин, 12,5 г/л); Протеус 11% м.д. (тіаклоприд, 100 г/л + дельтаметрин 10 г/л); Іназума 13% в.г. (ацетаміприд, 100 г/кг + лямбда-цигалотрин, 30 г/кг) та інші.

Тому, у 2016-2017 рр. з метою оптимізації заходів захисту озимої пшениці було проведено порівняльну оцінку ефективності неонікотиноїдних препаратів проти групи сисних шкідників (клоп шкідлива черепашка, злакові попелиці, трипси) на посівах цієї культури.

Польові випробування здійснювали у 2016-2017 рр. в умовах Київської обл. Для досліджень використовували зареєстровані препарати із групи неонікотиноїдів: Актара, 24% к.с. та Моспілан, 20% р.п. Крім того, для порівняння ефективності використовували комплексні препарати Енжіо 24,7 % к.с., Коннект 11,25% к.с. та Протеус 11% м.д. У дослідах вирощували сорт Миронівська 65, норма висіву насіння: 240 кг/га. Розмір дослідних ділянок – 50 м² (10,4x4,8 м), повторність – 4 кратна. Розміщення ділянок – рендомізоване.

Обліки шкідників, відбір зразків та їх аналізи проводилися згідно з загально прийнятими методиками [204]. Чисельність личинок та дорослих комах клопа-черепашки обліковували на 1 м², при цьому підраховували фітофага на 8 пробних майданчиках розміром 50x50 см (0,25 м²). Для обліків трипсів відбирали по 5 колосків у 10 місцях ділянки. Проби клали у паперові мішечки, потім у лабораторії підраховували кількість трипсів та їх середню чисельність на колос. Облік чисельності злакових попелиць обраховували на

кожній ділянці на 100 стеблах (5 стебел у 20 місцях), підраховували імаго та личинок на листках, стеблах, колосі.

Заселеність посівів пшениці озимої фітофагами визначали, починаючи з фази кущіння. У видовому складі попелиць найбільше зустрічалася велика злакова попелиця (*Sitobion avenae* F.), серед клопів домінував клоп шкідлива черепашка (*Eurygaster integriceps* Put.), спорадично зустрічалися австрійський (*Eurygaster austriaca* Schrank), гостроголовий (*Aelia acuminata* L.) та інші види клопів-щитників. Чисельність личинок та імаго злакових попелиць при проведенні обліків перед застосуванням інсектицидів у фазу молочної стиглості зерна сягала 50,0-80,5 екз./рослину, трипсів – 23,3-27,0 екз./колос, імаго шкідливої черепашки – 5,3-8,3 екз./м².

Обприскування здійснювали у фазу молочної стиглості зерна. Обробіток посівів культури інсектицидами сприяв зниженню заселеності рослин основними шкідниками (табл. 5.9). Найвищу ефективність проти КШЧ забезпечував інсектицид Енжіо 24,7% к.с. Так, в середньому за роки досліджень на 3-й день після його застосування, загибель шкідника становила 90,0%, на 7-й та 14-й – 100,0%.

В середньому за два роки досліджень ефективність препарату Актара, 24% к.с. проти КШЧ на 3-й та 7-й день після обприскування була на рівні 88,6% та 95,8%. Дещо поступався препарат Протеус 11% м.д., ефективність якого на 3-й день після обприскування становила 86,9%, на 7-й – 89,7%. При застосуванні інсектициду Моспілан, 20% р.п., загибель цього фітофага була нижчою та становила 69,8% та 84,6%, відповідно (табл. 5.10).

Також на 3-й день після обприскування у варіанті із застосуванням інсектициду Актара, 24 % к.с. відбувалося зниження заселеності рослин личинками та імаго трипсів на 93,8%, а на 7-й день – на 99,1%. Застосування препарату Моспілан, 20% р.п. забезпечувало загибель цих фітофагів на 3-й день на рівні 88,2%, на 7-й – 93,0%. У порівнянні з препаратом Актара, 24 % к.с., Енжіо 24,7% к.с. показав вищу ефективність проти трипсів, яка на

Таблиця 5.9

**Чисельність шкідників пшениці озимої у фазу молочна стиглість зерна
(Київська область, 2016-2017 рр.)**

Препарат	Норма витрати, кг (л)/га,	Рік	Чисельність шкідників перед обробкою			Чисельність шкідників на ... день після обприскування								
			КШЧ, екз./м ²	личинки трипсів екз./колос	злакові попелиці екз./рослину	3-й			7-й			14-й		
						КШЧ, екз./м ²	личинки трипсів екз./колос	злакові попелиці екз./рослину	КШЧ, екз./м ²	личинки трипсів екз./колос	злакові попелиці екз./рослину	КШЧ, екз./м ²	личинки трипсів екз./колос	злакові попелиці екз./рослину
Контроль	-	2016	7,8	27,0	50,0	8,0	32,5	68,0	8,3	44,5	96,5	8,5	51,8	134,3
		2017	5,5	24,5	80,5	6,0	29,3	107,8	6,3	36,5	132,3	6,8	42,0	162,8
		середнє	6,7	25,8	65,3	7,0	30,9	87,9	7,3	40,5	114,4	7,7	46,9	148,6
Актара, 24% к.с.	0,15	2016	8,3	24,5	53,8	0,5	1,8	8,0	0,3	0,5	4,8	0,0	0,3	2,8
		2017	5,3	23,3	76,5	1,0	2,3	10,0	0,3	0,3	5,3	0,3	0,5	2,3
		середнє	6,8	23,9	65,2	0,8	2,1	9,0	0,3	0,4	5,1	0,2	0,4	2,6
Моспілан, 20% р.п.	0,12	2016	7,5	24,3	52,5	2,0	3,3	13,3	1,0	2,3	11,0	1,0	2,0	6,5
		2017	6,0	24,0	78,5	2,0	4,3	11,3	1,0	3,5	9,0	0,8	3,3	2,0
		середнє	6,8	24,2	65,5	2,0	3,8	12,3	1,0	2,9	10,0	0,9	2,7	4,3
Енжіо 24,7% к.с.	0,18	2016	8,0	26,5	51,5	0,3	0,5	6,8	0,0	0,3	2,8	0,0	0,0	0,5
		2017	5,3	23,5	75,0	1,0	0,8	5,3	0,0	0,5	1,5	0,0	0,3	0,5
		середнє	6,7	25,0	63,3	0,7	0,7	6,1	0,0	0,4	2,2	0,0	0,2	0,5
Коннект 11,25% к.с.	0,5	2016	8,0	27,0	53,0	0,8	1,5	7,4	0,5	1,2	3,9	0,3	2,0	2,0
		2017	7,0	24,4	81,0	1,2	1,4	9,0	1,0	1,7	3,5	0,8	2,4	1,5
		середнє	7,5	25,7	67,0	1,0	1,5	8,2	0,8	1,5	3,7	0,6	2,2	1,8
Протеус 11% м.д.	1,0	2016	7,0	28,0	54,4	0,5	0,8	7,8	1,0	0,9	3,0	0,5	0,5	1,0
		2017	6,8	25,4	79,5	1,0	1,4	6,5	0,5	0,5	2,1	0,0	0,3	0,8
		середнє	6,9	26,7	67,0	0,8	1,1	7,2	0,8	0,7	2,6	0,3	0,4	0,9

Таблиця 5.10

**Ефективність інсектицидів проти шкідників пшениці озимої в умовах
Центрального Лісостепу України (Київська обл., 2016-2017 рр.)**

Препарат	Норма витрати, кг (л)/га,	Рік	Ефективність на ... день після обприскування, %								
			3-й			7-й			14-й		
			КШЧ	личинки трипсів	злакові попелиці	КШЧ	личинки трипсів	злакові попелиці	КШЧ	личинки трипсів	злакові попелиці
Актара, 24 % к.с.	0,15	2016	93,3	95,0	87,3	96,2	99,0	94,6	100,0	99,5	97,8
		2017	83,9	92,5	91,2	95,4	99,2	96,2	95,7	98,9	98,7
		середнє	88,6	93,8	89,3	95,8	99,1	95,4	97,9	99,2	98,2
Моспілан, 20% р.п.	0,12	2016	76,0	90,9	79,5	88,4	95,3	88,0	88,7	96,5	94,9
		2017	63,6	85,6	89,8	82,7	90,6	93,4	87,2	92,3	98,8
		середнє	69,8	88,2	84,6	85,5	93,0	90,7	87,9	94,4	96,9
Енжіо 24,7 % к.с.	0,18	2016	96,2	98,5	89,7	100,0	99,3	97,0	100,0	100,0	99,6
		2017	83,9	97,4	95,4	100,0	98,7	98,9	100,0	99,3	99,7
		середнє	90,0	97,9	92,6	100,0	99,0	98,0	100,0	99,7	99,7
Коннект 11,25% к.с.	0,5	2016	89,7	95,4	88,5	93,8	97,3	95,7	96,4	96,1	98,4
		2017	74,5	95,2	91,6	79,8	95,4	97,3	85,0	94,3	99,1
		середнє	82,1	95,3	90,0	86,8	96,3	96,5	90,7	95,2	98,7
Протеус 11% м.д.	1,0	2016	94,4	97,4	87,5	89,2	97,9	96,6	94,7	99,0	99,2
		2017	79,4	95,0	94,0	90,2	98,6	98,4	100,0	99,3	99,5
		середнє	86,9	96,2	90,8	89,7	98,2	97,5	97,4	99,1	99,4
НІР ₀₅			7,6	3,8	3,5	2,7	1,5	1,4	1,6	1,5	1,1

3-й день становила 97,9%, на 7-й – 99,0%. Дещо поступався препарат Протеус 11% м.д., призвівши до загибелі трипсів на рівні 96,2% на 3-й день після обприскування та 98,2% – на 7-й день.

При проведенні обліків на 14 добу відмічено зростання ефективності інсектицидів. Так, у варіантах із застосуванням Актари, 24 % к.с., Протеус 11% м.д. та Енжіо 24,7% к.с. ефективність майже не відрізнялась і сягала 99,1- 99,6%. На варіанті із внесенням Моспілану, 20% р.п. цей показник дорівнював 94,4%.

За період досліджень чисельність злакових попелиць сягала 96,5-132,3 екз./рослину. Встановлено, що застосування інсектицидів забезпечувало високу ефективність проти цих фітофагів. Так, при внесенні препарату Моспілан, 20% р.п. їх загибель на 3-й день після обприскування становила 84,6%, а на інших варіантах із інсектицидами вона сягала 89,3-92,6%. На 7-й

та 14 день після обробки найбільш ефективними виявилися препарати Актара, 24 % к.с., Протеус 11% м.д., Коннект 11,25% к.с. та Енжіо 24,7 % к.с., забезпечивши загибель злакових попелиць на рівні – 95,4%-99,7%.

При збиранні врожаю встановлено, що захист за допомогою обприскування посівів інсектицидами сприяв збереженню якісних показників зерна озимої пшениці. Так, маса 1000 зерен у варіанті Актара, 24 % к.с., Протеус 11% м.д. та Енжіо 24,7 % к.с. сягала 46,3, 46,4 та 46,5 г, відповідно, що на 4,9-5,1 г перевищувало контроль. Застосування препаратів Моспілан, 20% р.п. та Коннект 11,25% к.с. забезпечувало збільшення маси 1000 зерен до 46,0 г, що на 4,6 г було більше за показник контролю (табл. 5.11).

Таблиця 5.11

**Урожай озимої пшениці за обприскування посівів інсектицидами
(Київська обл., 2016-2017 рр.)**

Препарат	Норма витрати, кг (л)/га,	Рік	Урожай, т/га	Маса 1000 зерен, г
Контроль	-	2016	4,7	41,8
		2017	4,2	41,0
		середнє	4,5	41,4
Актара, 24 % к.с.	0,15	2016	5,5	47,3
		2017	4,8	45,3
		середнє	5,1	46,3
Моспілан, 20% р.п.	0,12	2016	5,4	47,0
		2017	4,6	45,0
		середнє	5,0	46,0
Енжіо 24,7 % к.с.	0,18	2016	5,7	47,5
		2017	4,8	45,5
		середнє	5,3	46,5
Коннект 11,25% к.с.	0,5	2016	5,5	46,9
		2017	4,7	45,0
		середнє	5,1	46,0
Протеус 11% м.д.	1,0	2016	5,6	47,3
		2017	4,8	45,5
		середнє	5,2	46,4
НІР ₀₅			0,38	3,9

Вищий урожай насіння пшениці було одержано на всіх варіантах досліджу, в порівнянні з контролем. Так, на варіантах із використанням Актари, 24 % к.с. (0,15 л/га), Протеус 11% м.д. (1,0 л/га) та Енжіо 24,7 % к.с. (0,18 л/га) урожайність на 0,49-0,51 т/га перевищувала контроль, а на варіантах із застосуванням інсектицидів Моспілан, 20% р.п. (0,12 кг/га) та Коннект 11,25% к.с. (0,5 л/га) – на 0,3-0,5 т/га.

Крім того, також підвищувалась маса 1000 зерен. Так, якщо в контролі вона дорівнювала в середньому 41,4 г, то за застосування інсектицидів зростала до 46,0-46,5 г.

Таким чином, насичення сівозміни зерновими злаковими культурами (кукурудза, озима пшениця) призводить до створення сприятливих умов для розвитку сисних фітофагів і, відповідно, до збільшення їх чисельності (личинки та імаго злакових попелиць (50,0-162,8 екз./рослину), трипси (23,3-51,8 екз./колос), імаго шкідливої черепашки (5,3-8,5 екз./м²) на посівах озимої пшениці.

Препарати із групи неоніотиноїди були високоефективними проти сисних шкідників пшениці впродовж 2 тижнів. Максимальну технічну ефективність проти них, що складала 99,7-100,0%, відмічено у варіанті із застосуванням інсектициду Енжіо 24,7 % к.с. (0,18 л/га) Деяко нижчу ефективність проявляли Актара, 24 % к.с (97,9-99,2 %) та Протеус 11% м.д. (97,4-99,4 %).

Застосування досліджуваних інсектицидів істотно зменшувало заселеність рослин попелицею, трипсами та клопом шкідливою черепашкою, внаслідок чого збільшувалася урожайність пшениці та маса 1000 зерен.

5.5 Внесення фунгіцидів за умов зрошення

5.5.1 Ефективність застосування фунгіцидів на соняшнику за зрошення

В окремі роки посіви соняшника можуть істотно уражуватись борошнистою росою, білою гниллю, альтернаріозом, фомозом та ін. Гібриди культури, внаслідок неоднакової чутливості до збудників тих чи інших хвороб, можуть по-різному реагувати на застосування фунгіцидів, що проявляється в частці збереженого врожаю. У сучасних умовах господарювання використовується великий асортимент препаратів, які мають широкий спектр дії і є зареєстрованими у “Переліку...” проти хвороб соняшника. Висівання у виробництві малочутливих гібридів та сортів сприяє покращенню фітосанітарного стану агроценозів та зниженню собівартості виробництва насіння. Однак висока мінливість фітопатогенних організмів не дає змоги створити стійкий сорт до всього комплексу хвороб.

Тому метою наших досліджень було встановлення ефективності застосування фунгіциду Піктор, 40% КС (боскалід, 200 г/л + дімоксістробін, 200 г/л) проти комплексу хвороб на гібридах соняшнику різних виробників.

Дослідження здійснювали впродовж 2009-2011 рр. у посівах соняшнику с. Васютинці, Чернобаївського району, Черкаської області, що належить до зони Лісостепу .

Випробування фунгіциду проводили проти білої гнилі, альтернаріозу та фомозу. Розмір дослідних ділянок становив 50 м². Обприскування посівів здійснювали згідно схеми досліду в фазу культури 6 листків. Норма витрати робочої рідини складала 400 л/га. Перед кожним обприскуванням і перед збиранням урожаю визначали ураженість кошиків гнилями. При обліку в кожному варіанті оцінювали не менше 100 кошиків. Збирання врожаю соняшнику проводили окремо з кожної ділянки при повному дозріванні більшості кошиків культури та набутті ними жовто-коричневого кольору,

при вологості насіння на рівні 12-14%. При збиранні врожаю брали проби для встановлення вологості, кислотного показника, олійності насіння.

Дослідження фунгіциду Піктор КС проводили на 13 гібридах соняшнику. Обприскування посівів здійснювали згідно схеми досліду в фазу культури 6 листків. При проведенні обліків після обробки встановлено, що застосування цього препарату у нормі 0,5 л/га призводило до зниження ураженості рослин соняшника білою гниллю (зб. *Sklerotinia sklerotiorum*) на 34,9%, фомозом (зб. *Phoma helianthi*) – на 32,4 та альтернаріозом (зб. *Alternaria helianthi*) – на 53,1% у середньому за гібридами, в порівнянні з контролем. Проявів симптомів захворювання іржею культури (зб. *Russinia helianthi*) на варіантах з обприскуванням фунгіцидом та на контролі не виявлено (табл. 5.12).

Таблиця 5.12

Технічна ефективність фунгіциду Піктор, КС проти комплексу хвороб на посівах соняшнику, % (ТОВ “Дніпро”, с. Васютинці, Чорнобаївський р-н, Черкаська обл.)

Гібрид	Біла гниль	Фомоз	Альтернаріоз
САНАЙ	25,0	32,5	45,9
НК ТРИСТАН	35,0	38,6	55,2
НК НЕОМА	34,6	39,8	53,7
МЕЛДІМІ	26,7	26,8	55,8
ІМЕРІЯ укр.	16,7	22,9	50,9
ІМЕРІЯ арг.	56,7	26,4	58,8
ФУШІЯ КЛ	60,0	36,7	54,3
НАЛЛІМІ КЛ	33,3	35,3	45,2
ОЛЛІМІ КЛ	35,0	32,2	53,8
ПОЛЬКА КЛ	15,4	30,4	47,2
ЛГ-5654	36,7	33,6	59,8
ЛГ-5663	28,6	34,8	54,7
Мас 91 Ір	50,0	31,3	55,6

При проведенні аналізу показників на контрольних ділянках, серед гібридів найвищою врожайністю та олійністю характеризувалися САНАЙ,

НК ТРИСТАН, НК НЕОМА, МЕЛДІМІ. Решта за показниками вмісту олії майже не відрізнялися (табл. 5.13).

Таблиця 5.13

Господарська ефективність обприскування фунгіцидом Піктор, КС проти комплексу хвороб на посівах соняшнику (ТОВ „Дніпро”, с. Васютинці, Чернобайвський р-н, Черкаська обл.)

Гібрид	Урожайність, т/га			Олійність, %		
	Піктор, КС	Контроль	± до контролю, %	Піктор, КС	Контроль	± до контролю, %
САНАЙ	3,34	2,93	13,8	48,3	43,8	4,5
НК ТРИСТАН	3,06	2,64	15,9	46,6	43,0	3,6
НК НЕОМА	3,1	2,85	8,6	49,1	45,9	3,2
МЕЛДІМІ	3,71	3,31	12,3	46,0	41,9	4,1
ІМЕРІЯ укр	3,02	2,77	8,8	45,6	43,6	2,0
ІМЕРІЯ арг	3,28	2,77	18,4	46,9	43,9	3,0
ФУШИЯ КЛ	3,3	2,65	24,3	41,9	38,7	3,2
НАЛЛІМІ КЛ	3,07	2,69	13,9	45,5	43,6	1,9
ОЛЛІМІ КЛ	3,21	2,77	15,9	44,5	41,2	3,3
ПОЛЬКА КЛ	2,93	2,57	14,0	43,7	42,3	1,4
ЛГ-5654	2,72	2,47	9,9	43,9	41,9	2,0
ЛГ-5663	3,03	2,84	6,9	44,1	42,3	1,8
Мас 91 Ір	2,83	2,5	13,2	45,6	43,0	2,6
НІР ₀₅	0,21	0,19		1,8	1,7	

Застосування Піктору на всіх досліджуваних гібридах сприяло підвищенню врожайності. Так, перевищення цього показника над контролем, при застосуванні фунгіциду за норми 0,5 л/га, коливалось від 6,9 (ЛГ-5663) до 24,3% (ФУШИЯ КЛ), становлячи в середньому 13,5%. Ефективний захист від основних збудників хвороб сприяв також зростанню олійності насіння на гібридах від 1,4 (ПОЛЬКА КЛ) до 4,5 % (САНАЙ), що в середньому перевищувало контроль на 2,8%. Серед досліджуваних гібридів, саме

ФУШИЯ КЛ мав найвищий приріст олійності та урожайності, порівняно з рештою за обприскування цим препаратом. За кінцевим показником виходу олії слід відмітити МЕЛДІМІ – 1,71 т/га.

За рахунок збереження асиміляційної поверхні рослин від ураження збудниками хвороб при обприскуванні посівів соняшнику Піктором, відбувалося більш інтенсивне накопичення рослинами органічної речовини. Відповідно, в гібридах маса 1000 насінин зростала від 1,0 (ПОЛЬКА КЛ) до 13,7% (САНАЙ), а в середньому на 7,8 %, порівняно з варіантами без обприскування фунгіцидом. При цьому встановлено, що на всіх гібридах відбувалося зростання діаметру кошиків від 0,6% (ЛГ-5663) до 15,3% (ФУШИЯ КЛ), в середньому на 6,3 %, порівняно з контролем. Також відмічене збільшення виповненості кошиків в оброблених рослин на 2,7%, порівняно з необробленими.

Таким чином, обприскування посівів соняшнику препаратом Піктор, КС за норми витрати 0,5 л/га призводило до зниження ураженості рослин соняшника білою гниллю у середньому на 34,9%, фомозом – на 32,4, та альтернаріозом – на 53,1%.

Застосування фунгіциду Піктор, КС за норми 0,5 л/га на досліджуваних гібридах соняшнику сприяло збереженню врожайності на рівні 6,9-24,3%, а в середньому – 13,5%. При цьому маса 1000 насінин зростала в середньому на 7,8 %, порівняно з контролем.

Ефективний захист рослин культури від основних збудників хвороб сприяв одержанню вищого вмісту олії в насінні гібридів від 1,4 (ПОЛЬКА КЛ) до 4,5 % (САНАЙ), що в середньому перевищувало контроль на 2,8%. Найвищий збір олії одержано при вирощуванні гібриду МЕЛДІМІ – 1,71 т/га.

5.5.2 Застосування фунгіцидів на сої в умовах зрошення

Дослідження ефективності систем захисту посівів сої проводились на сорті Оксана. Умови проведення досліджень були аналогічними тим, що і для інсектицидів (див розд. 5.2).

Внесення фунгіцидів проводили на 51-53 та 60-62 етапах за шкалою ВВСН.

Обліки проведені перед першою обробкою фунгіцидами виявили появу перших симптомів септоріозу на листках дослідних рослин. Появу уражень антракнозом було виявлено перед другою обробкою. Завдяки проведеному хімічному захисту дослідними препаратами рівень ураження рослин збудниками хвороб на цьому добу після другої обробки був значно нижчий в порівнянні з контролем. А саме, ефективність композиції піраклостробін, 62,5 г / л + епоксіконазол, 62,5 г / л проти септоріозу становила 68,2% (за традиційного внесення) та 60,9% (пестигація). Проти антракнозу технічна ефективність досліджуваних фунгіцидних композицій становила відповідно 65,4% за традиційного внесення та 58,3% на ділянках, де фунгіциди вносили методом пестигації (табл. 5.14).

Відповідно композиція азоксістробін 120 г/л + тебуконазол 200 г/л мала дещо вищу ефективність. Розвиток септоріозу знижувався на 69,7-72,4% залежно від норми витрати за традиційного внесення та на 65,1-70,3% – за пестигація. Відповідна тенденція спостерігалась щодо технічної ефективності даного препарату проти антракнозу. В залежності від норми витрати вона варіювала за традиційного внесення в межах від 78,4 до 82,6%. За пестигації технічна ефективність, як і проти септоріозу, була нижчою – 59,5-62,4%.

Таким чином, дворазове застосування фунгіцидів на сої на 51-53 та 60-62 етапах за шкалою ВВСН забезпечує високий рівень технічної ефективності проти септоріозу та антракнозу. Більш ефективним було застосування композиції азоксістробін 120 г/л + тебуконазол 200 г/л з

нормою витрати 1,2 л/га за традиційного внесення (наземне обпикування посівів).

Таблиця 5.14

**Ефективність фунгіцидів проти хвороб на посівах сої (сорт Оксана,
Херсонська обл., 2015-2018 рр.)**

Варіант досліджу	Норма витрати препарату, л/га	Технічна ефективність, %			
		Традиційне внесення		Пестигація	
		Септоріоз	Антракноз	Септоріоз	Антракноз
Контроль (без обробки)	–	40,4*	31,9*	41,2*	32,3*
піраклостробін, 62,5 г/л + епоксоконазол, 62,5 г/л	1,5	68,2	65,4	60,9	58,3
азоксістробін 120 г/л + тебуконазол 200 г/л	1,0	69,7	78,4	65,1	59,5
азоксістробін 120 г/л + тебуконазол 200 г/л	1,2	72,4	82,6	70,3	62,4

Примітка : * - розвиток хвороби, %

5.5.3 Застосування фунгіцидів на кукурудзі в умовах зрошення

Дослідження ефективності систем захисту посівів кукурудзи проводились на гібриді ДКС 5276. Умови проведення досліджень були аналогічними тим, що і для інсектицидів (див розд. 5.1).

Внесення фунгіцидів проводили на 16-18 та 39-42 етапах за шкалою ВВСН.

Обліки проведені перед першою обробкою фунгіцидами виявили появу перших симптомів гелмінтоспоріозу на листках дослідних рослин. Появу уражень фузаріозом було виявлено перед другою обробкою. Завдяки

проведеному хімічному захисту дослідними препаратами рівень ураження рослин збудниками хвороб на цьому добу після другої обробки був значно нижчий в порівнянні з контролем. А саме, ефективність дії композиції піраклостробін, 62,5 г / л + епоксіконазол, 62,5 г/л проти фузаріозу становила 69,3-88,4% за традиційного внесення (обприскування посівів) та 64,3-83,6% за внесення методом пестигації.

Композиція азоксістробін 120 г/л + тебуконазол 200 г/л мала дещо вищу ефективність – відповідно 87,9-93,6% залежно від норми застосування за традиційного внесення та 71,6-82,4 % за пестигації (табл. 5.15).

Таблиця 5.15

**Ефективність фунгіцидів проти хвороб кукурудзи (гібрид ДКС 5276,
Херсонська обл., 2015-2018 рр.)**

Варіант досліджу	Норма витрати препарату, л/га	Технічна ефективність, %			
		Традиційне внесення		Пестигація	
		Фузаріоз	Гельмінтоспоріоз	Фузаріоз	Гельмінтоспоріоз
Контроль (без обробки)	–	13,6 *	14,2*	14,1*	13,8*
піраклостробін, 62,5 г / л + епоксіконазол, 62,5 г / л	1,5	69,3	72,1	64,3	57,0
піраклостробін, 62,5 г / л + епоксіконазол, 62,5 г / л	1,75	88,4	89,2	83,6	67,4
азоксістробін 120 г/л + тебуконазол 200 г/л	1,0	87,9	62,8	71,6	75,7
азоксістробін 120 г/л + тебуконазол 200 г/л	1,2	93,6	82,4	82,4	86,1

Примітка : * - розвиток хвороби, %

Відповідна тенденція спостерігалась щодо технічної ефективності досліджуваних препаратів проти гельмінтоспориозу. Композиція піраклостробін, 62,5 г / л + епоксіконазол, 62,5 г/л знижувала розвиток гельмінтоспориозу на 72,1-89,2% за традиційного внесення та 57,0-67,4% за пестигації.

При застосуванні фунгіциду на основі діючих речовин азоксістробін 120 г/л + тебуконазол 200 г/л технічна ефективність за норми витрати 1,0 л/га становила за традиційного застосування 62,8% та підвищувалась до 82,4% із збільшенням норми витрати до 1,2 л/га. За пестигації цей показник дорівнював відповідно 75,7% та 86,1%.

5.5.4 Застосування фунгіцидів на помідорах в умовах зрошення

Дослідження проводили на рослинах гібриду помідору Лампо F 1 (високоінтенсивний, детермінантний ранньостиглий гібрид для комбайнової збору, оригінатор – «Nunhems», Голландія). Досліди проводились протягом вегетаційних періодів 2015-2018 років. Схема садіння рослин помідорів 152+152 x 20 см, густина рослин – 32,89 тис. шт./га. Розміщення дослідних ділянок 100 м² (10 x 10 м), рендомізовано в чотирьох повторностях. Попередник пшениця озима на дощуванні, N₉₀P₇₀K₆₀.

Основне внесення добрив проводилось навесні перед висадкою розсади в зону рядків в вигляді тукоsumіші – N₈₀P₉₀K₆₀, підживлення з поливною водою (фертигація) протягом вегетаційного періоду – N₁₈₀P₆₀K₁₄₀. Запланована врожайність плодів 100 т/га.

Зрошення ділянок проводилось краплинним способом поливу, рівень передполивної вологості – 80-90-75 % від найменшої воголоємності кореневмісного шару ґрунту (0,20 – 0,30 – 0,35 м по фазам розвитку рослин). Всього за вегетаційний період помідора було проведено 36 вегетаційних поливів нормою от 80 до 130 м³/га (зрошувальна норма = 3700 м³/га).

Призначення строків вегетаційних поливів проводилось тензометричним методом.

Внесення фунгіцидів проводили на 19-23 та 51-53 етапах за шкалою ВВСН.

Обліки проведені перед першою обробкою фунгіцидами виявили появу перших симптомів фітофторозу та альтернаріозу на листках дослідних рослин. Завдяки проведеному хімічному захисту дослідними препаратами рівень ураження рослин збудниками хвороб на сьому добу після другої обробки був значно нижчий в порівнянні з контролем. А саме, ефективність дії композиції піраклостробін, 50 г / кг + метирам, 550 г / кг проти фітофторозу становила 50,7% (за традиційного внесення) та 42,7% (пестигація). Відповідно композиція азоксістробін 250 г/л мала дещо вищу ефективність 52,0% (за традиційного внесення) та 50,8 % (пестигація) (табл. 5.16).

Таблиця 5.16

**Ефективність фунгіцидів проти хвороб томатів (гібрид Лампо F1,
Херсонська обл., 2015-2018 рр.)**

Варіант досліджу	Норма витрати препарату, л/га	Технічна ефективність, %			
		Традиційне внесення		Пестигація	
		фітофтороз	альтернаріоз	фітофтороз	альтернаріоз
Контроль (без обробки)	–	45,1*	35,4*	44,7*	37,1*
піраклостробін, 50 г / кг + метирам, 550 г / кг	2,0	50,7	46,9	48,6	42,7
азоксістробін, 250 г/л	0,6	52,0	48,8	50,8	47,3

Примітка : * - розвиток хвороби, %

Відповідна тенденція спостерігалась щодо ефективності дії препаратів проти альтернаріозу. За традиційного способу внесення технічна

ефективність проти даної хвороби була на рівні 46,9-48,8%, за пестигації – 42,7-47,3%.

Вища ефективність дії фунгіцидів при внесенні традиційним способом обумовлена можливістю корегування строків внесення в залежності від фітосанітарного стану дослідних ділянок .

5.5.5 Захист пшениці озимої від хвороб в умовах зрошення

Основний вплив на кількість врожаю і якість зерна озимої пшениці мають генетичний потенціал сорту, природно-кліматичні умови, показники родючості ґрунтів і системи удобрення, рівень агротехніки, система захисту посівів від бур'янів, шкідників і хвороб, фінансово-економічні можливості господарств.

Одним з факторів, що стримують отримання високих врожаїв озимої пшениці, є хвороби. Сучасні сорти і гібриди озимої пшениці інтенсивного типу є генетично стійкими або середньо стійкими до борошнистої роси і бурої іржі, але, не дивлячись на це, їх потужна вегетативна маса потребує надійного захисту від великої кількості інших патогенів. Для запобігання розвитку хвороб необхідний комплексний підхід до розробки і проведення захисних заходів. В умовах нинішнього фітосанітарного стану, проблеми захисту озимої пшениці від хвороб не завжди можливо вирішити при дворазовому застосуванні фунгіцидів.

Якість зерна пшениці в основному формується під впливом кліматичних умов вирощування та біологічних особливостей сортів. Його визначають такі основні показники: натура зерна (г / л), скловидність (%), вміст клейковини і білка (%), вихід хліба з 100 г борошна (см³). Вміст білка у пшениці є основним показником якості зерна. З його підвищенням є можливість зробити значно більше хлібобулочних виробів, істотно підвищити їх смакові якості, досягти більшого приросту живої маси тварин.

У зонах з недостатньою вологістю стабільність врожаю багато в чому залежить від зрошення посівів озимої пшениці протягом вегетаційного сезону.

Метою наших досліджень було вивчення впливу фунгіцидних систем захисту на продуктивність культури і якісні показники зерна озимої пшениці в різних ґрунтово-кліматичних зонах України за зрошення.

Досліди проводилися в степовій зоні (Херсонська область, Цюрупинський район, Державне підприємство «Дослідне господарство «Брильовський» ІВПіМ НААН України) і лісостеповій зоні (Черкаська область, Кам'янський район, ТОВ «Агронік») України. Технології вирощування пшениці озимої були загальноприйнятими для умов зрошення в зоні Степу та без зрошення в зоні Лісостепу України. Зрошення проводилося відповідно до основних фаз розвитку культури за допомогою позиційної стаціонарної системи дощування, рівень передполивної вологості ґрунту становив 85% від найменшої вологоємності (НВ) кореневого шару ґрунту (0,25 - 0,35 - 0,50 м). Визначення термінів вегетаційних поливів проводилося тензіометричним методом. У Херсонській області дослідження проводилися на сорті озимої пшениці Херсонська безоста, а в Черкаській області - на сорті Актор.

Метеорологічні умови 2014-2016 рр. характеризувалися підвищеним температурним режимом. Практично протягом усього вегетаційного періоду температура повітря перевищувала норму на 3-5 ° С і спостерігався істотний дефіцит опадів.

Обліки ураження рослин озимої пшениці збудниками хвороб і оцінку ефективності препаратів проводили згідно загальноприйнятих методик [165].

Для визначення продуктивності рослин зрізали облікові стебла у фазі повної стиглості. Обмолачивали колосся на колоскових молотарці. Кожен колос обмолочують окремо, і проводився структурний аналіз врожаю.

Досліджували схеми проведення фунгіцидних обробок (табл. 5.17), які передбачали дво- та триразове внесення препаратів.

Таблиця 5.17

Схеми фунгіцидного захисту пшениці озимої

	Діюча речовина	Фаза	Норма витрати
Контроль	-	-	-
Варіант 1			
Бенорад, СП Колосаль Про, КМ	Беноміл, 500 г/кг. Пропіконазол 300 г/л + Тебуконазол 200 г/л	ВВСН 25-31 ВВСН 37	0,6 кг/га 0,4 л/га
Варіант 2			
Ракурс, СК Спірит, СК Колосаль, КЕ	Ципроконазол 160 г/л + Епоксиконазол 240 г/л; Епоксиконазол 160 г/л + Азоксистробін 240 г/л; Тебуконазол 250 г/л	ВВСН 25-31 ВВСН 37 ВВСН 51	0,4 л/га 0,6 л/га 1,0 л/га

В результаті застосування обробок фунгіцидами за варіантами дослідів на посівах озимої пшениці в усіх місцях досліджень спостерігалася тенденція зменшення ураження хворобами, збільшення маси збереженого врожаю і якісних показників зерна.

В результаті досліджень, проведених в степовій зоні, було встановлено, що застосування фунгіцидної системи на Варіанті 2 найбільш ефективно забезпечувало захист посівів озимої пшениці, особливо проти хвороб колоса. Ефективність застосування фунгіцидів на Варіанті 2 склала 79,8% проти листових хвороб і 81,3% проти хвороб колоса (табл. 5.18). Відповідні результати були отримані і в лісостеповій зоні – проти хвороб листя технічна ефективність на варіанті 2 була вищою в середньому за роки проведення досліджень на 8,6%. Що стосується хвороб колоса, досягалося зниження їх розвитку на 78,6%. В той же час обробка за варіантом 1 була проти них практично не ефективною.

Таблиця 5.18

Ефективність захисту пшениці озимої від хвороб (2014-2016 рр.)

Зона	Технічна ефективність, %			
	хвороби листя		хвороби колоса	
	варіант 1	варіант 2	варіант 1	варіант 2
Степ	75,6	79,8	46,9	81,3
Лісостеп	64,6	73,2	35,9	78,6

Було відзначено, що на ділянках оброблених досліджуваними фунгіцидами в варіанті 2 рослини мали більш інтенсивне зелене забарвлення в порівнянні з контролем. При цьому зерно врожаю з таких ділянок, було більш виповненим і мало вищу масу. Так, в степовій зоні при використанні фунгіцидної системи по Варіанту 2 маса 1000 зерен на 1,2 г, а урожай на 15% перевищував відповідні показники контролю (табл. 5.19). В обох зонах проведення досліджень дані показники на Варіанті 2 кількісно перевершували відповідні показники по Варіанту 1.

Слід зазначити, що застосування зрошення в степовій зоні створює оптимальні умови вологозабезпечення, це дозволяє рослинам озимої пшениці інтенсивніше накопичувати поживні речовини, витрачаючи їх на формування більш високої маси і якості зерна.

Таблиця 5.19

Господарська ефективність фунгіцидного захисту пшениці озимої

Зона	Урожайність, т/га				Маса 1000 зерен, г			
	конт- роль	варіант 1	варіант 2	НІР ₀₅	конт- роль	варіант 1	варіант 2	НІР ₀₅
Степ	6,95	8,17	8,45	0,72	43,7	44,5	44,9	0,3
Лісостеп	5,98	6,56	6,64	0,61	43,0	43,2	43,8	0,4

Оброблені фунгіцидами на Варіанті 2 в цій зоні рослини озимої пшениці, за рахунок забезпечення надійного захисту листового апарату і колоса від ураження збудниками хвороб при лабораторному аналізі на вміст білка і клейковини мали вищі показники в порівнянні з необробленим варіантом на 2,6 і 2,5% відповідно (табл. 5.20).

Таблиця 5. 20

Показники якості зерна

Зона	Білок, %				Клітковина, %			
	конт- роль	варіант 1	варіант 2	НІР ₀₅	конт- роль	варіант 1	варіант 2	НІР ₀₅
Степ	10,2	12,1	12,8	0,6	26,1	28,3	28,6	1,4
Лісостеп	10,8	13,3	13,7	0,3	25,6	27,2	27,9	1,1

Таким чином, нами встановлено, що застосування препаратів у Варіанті 2, мало певні переваги. Відзначено, що дана схема була ефективнішою по відношенню до хвороб колоса в порівнянні з Варіантом 1 як в степовій зоні, так і в лісостеповій зоні. Слід зазначити, що за рівнем зниження розвитку листових хвороб ефективність двох систем захисту була майже однаковою. Таким чином, збереження площі листкової поверхні рослин за рахунок стримування розвитку хвороб, дозволяє отримати більш високий урожай озимої пшениці. При цьому зерно з урожаю з дослідних ділянок, оброблених фунгіцидами за вегетаційний сезон тричі (Варіанті 2), мало велику масу і виповненість в порівнянні з контролем і Варіантом 1, в якому проводили дві фунгіцидні обробки.

5.5.7 Захист моркви від хвороб в умовах зрошення

Ураження хворобами утруднює отримання стабільно високих врожаїв коренеплодів столової моркви, збереження її товарності. Найбільш шкідливими і поширеними хворобами моркви вважаються: чорна гниль

(альтернаріоз), фузаріозна гниль коренеплодів, бактеріоз, борошниста роса, сіра гниль, біла гниль [13, 219, 251].

В окремі роки альтернаріоз викликає повну загибель коренеплодів, а випадки насінників можуть досягати 40%. Хвороба призводить до підсихання і відмирання листя на 70-80%, внаслідок чого знижується урожай коренеплодів на 35-50%, а під час зберігання загибель коренеплодів становить від 30-60% [190, 251].

Не менш небезпечним може бути й бактеріоз. Втрати від нього складають 10-12%, проте в роки з сприятливими погодними умовами можуть сягати 20-50% [13, 174].

Для виправлення даної ситуації потрібно впровадити сучасні інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур, складовою яких є хімічний захист від хвороб.

Експериментальні дослідження проводились в Лісостеповій зоні у ПСП «Амарант Агро» (Київська область, Києво-Святошинський р-н, с. Шпільки). Грунти - світло-сірі лісові, за механічним складом – легкосуглинкові, вміст гумусу 1,2 %, рН – 5,55. Висів насіння моркви сорту Нерак проводився в другій декаді квітня в нормі висіву 1,0 млн. насінин, система удобрення загальноприйнята в господарстві. Морква розміщена на мікродошувальному зрошенні. Попередником є пшениця озима.

Застосовували наступні препарати: Сігнум, ВГ (піраклостробін, 67 г/кг + боскалід, 267 г/кг), Луна експірієнс 400SC, КС (флуопірам - 200 г/л, тебуконазол - 200 г/л), Квадріс 250 SC, КС (азоксистробін, 250 г/л), Амістар екстра 280 SC, КС (ципроконазол, 80 г/л + азоксистробін, 200 г/л), Скор 250 ЕС, КЕ (дифеноконазол, 250 г/л), Нативо 75 WG в.г. (трифлуксистробин 260,4 г/кг+тебуконазол 531,9 г/кг), Ровраль аквафло, КС (іпродіон, 500 г/л). Перше обприскування проводили в фазі 6-8 справжніх листків, друге та третє – через 6-8 днів. Схема досліду включала контроль та 7 варіантів з триразовим застосуванням фунгіцидів:

1. Сігнум, ВГ (1,0 л/га); Сігнум, ВГ (0,75 л/га); Сігнум, ВГ (0,75 л/га).
2. Луна експірієнс 400SC, КС (0,75 л/га); Луна експірієнс 400SC, КС (0,75 л/га); Луна експірієнс 400SC, КС (0,75 л/га).
3. Квадріс 250 SC, КС (0,6 л/га); Квадріс 250 SC, КС (0,6 л/га); Квадріс 250 SC, КС (0,6 л/га).
4. Амістар екстра 280 SC, КС (0,75 л/га); Луна експірієнс 400SC, КС (0,75 л/га); Луна експірієнс 400SC, КС (0,75 л/га).
5. Сігнум, ВГ (1,0 л/га); Сігнум, ВГ (0,75 л/га) + Скор 250 ЕС, КЕ (0,4 л/га); Сігнум, ВГ (0,75 л/га) + Скор 250 ЕС, КЕ (0,4 л/га).
6. Луна експірієнс 400SC, КС (0,75 л/га); Натіво 75 WG в.г. (0,4 кг/га); Луна експірієнс 400SC, КС (0,75 л/га).
7. Сігнум, ВГ (1,0 л/га); Сігнум, ВГ (0,75 л/га); Ровраль аквафло, КС (1,0 л/га).

8. Контроль

Обліки хвороб проводили за загальноприйнятими методиками [162].

Погодні умови на дослідній ділянці були сприятливими для розвитку хвороб. Було виявлено чотири основні хвороби: альтернаріоз (збудник *Alternaria radicina* Meier, Drechsler & E.D. Eddy), борошниста роса (*Erysiphe umbelliferarum* de Вагу), сіра гниль (*Botrytis cinerea* Pers), бактеріоз (*Xanthomonas campestris* pv. *carotae* (Kendrick) Dye). В контролі розвиток альтернаріозу та бактеріозу досягав 15%, борошнистої роси – 10%, сірої гнилі – 5%.

Найкращі результати відмічені за поєднання фунгіцидних препаратів Сігнум та Скор (варіант №5). Технічна ефективність проти альтернаріозу тут становила 93,3%, борошнистої роси – 60%, бактеріозу – 53,3%. Також високі результати одержані за застосування Амістар Екстра та Луна Експірієнс (рис. 5.4).

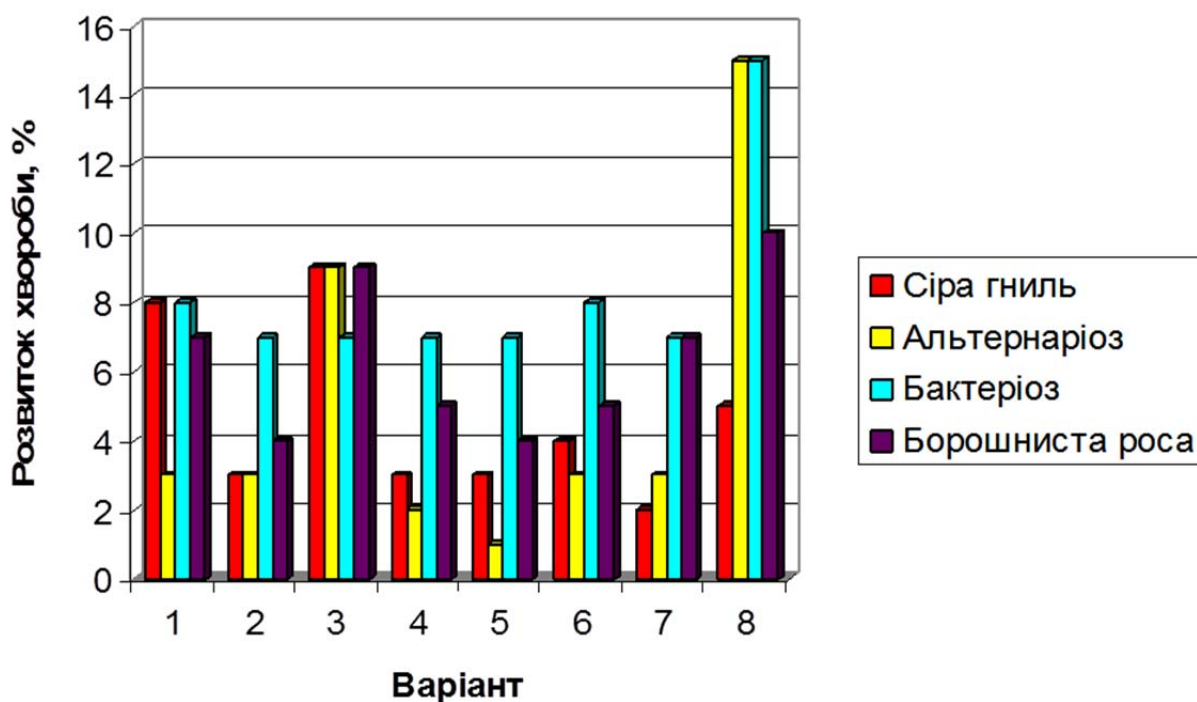


Рис. 5.4. Розвиток хвороб моркви (середня за 2012-2013 рр.)

Зниження розвитку хвороб сприяло підвищенню врожайності культури. Так, за проведення обробок сумішшю фунгіцидів Сігнум + Скор (варіант № 5) та Луна Експірієнс у поєднанні з Натіво (варіант № 6) збережений врожай товарних коренеплодів моркви становив 27,68 т/га й 26,78 т/га відповідно (рис. 5.5).

Аналіз результатів досліджень по структурі врожаю показав, що застосування хімічного захисту позитивно вплинуло на досліджувані показники. Значно покращилася структура врожаю. Так, якщо в контролі частка нетоварної продукції досягала 50%, то на варіанті №5 із застосуванням препарату Сігнум в поєднанні зі Скором вона становила лише 20%. Також гарно себе показали препарати Сігнум (варіант №1), Амістар Екстра (варіант №4), Луна Експірієнс в комплексному застосуванні з Натіво (варіант №6) та застосування препарату Сігнум з Ровраль Аквафло (варіант № 7), де нетоварна частина врожаю не перевищувала 25%.

Таким чином, на рівень продуктивності моркви сорту Нерак проявляли

негативний вплив такі хвороби як альтернаріоз, борошниста роса, сіра гниль, бактеріоз.

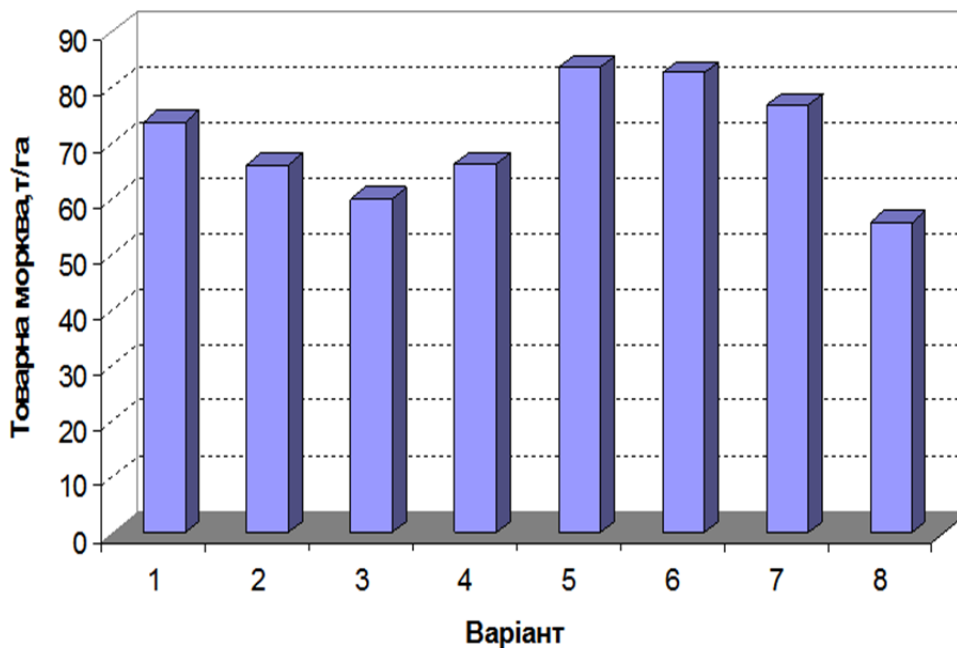


Рис. 5.5. Урожай товарної продукції (середнє за 2012-2013 рр.).

Застосування заходів захисту посівів від комплексу хвороб дозволяє зберегти 27,68 т/га врожаю, тобто до 49,6% у порівнянні з контролем. Серед схем захисту від хвороб за допомогою фунгіцидів, найбільш ефективною була №5, де застосовували препарат Сігнум в поєднанні зі Скором.

5.6. Подолання резистентності при застосуванні фунгіцидів

У сільському господарстві України відбулися зміни в структурі посівних площ і технологіях вирощування основних сільськогосподарських культур, впроваджено нові системи інтегрованого захисту від фітопатогенів. Проблема резистентності збудників хвороб особливо загострилась на початку 70-х років минулого століття після впровадження у практику системних фунгіцидів. Ці препарати мають специфічну дію на процеси, керовані одним або невеликою кількістю генів. Достатньо однієї мутації, щоб

гриб став нечутливим до фунгіциду, а іноді й цілої групи різноманітних сполук, які мають подібний кросрезистентний механізм дії.

При тривалому застосуванні одного й того самого активного інгредієнта отримують штами грибів, малочутливі (резистентні) до хімічної сполуки. Такі раси можуть із самого початку бути наявними у вихідній популяції або утворитись унаслідок мутацій. Під резистентністю (стійкість) розуміють здатність мікроорганізму витримувати значно більші концентрації препарату, ніж інші мікроорганізми цього виду, або розвиватись за таких концентрацій, які перевищують норми.

Резистентні штами грибів виникають унаслідок спонтанних мутацій при зміні в геномі клітини. Останні не пов'язані зі спрямованою дією на ДНК. У процесі селекції під дією фунгіцидних сполук чутливі мікроорганізми інгібуються, а резистентні — зберігаються, розмножуються і поширюються у трикутнику: середовище — рослина — генерація патогена. Набута резистентність закріплюється і передається за спадковістю наступним генераціям. Крім того, вона залежить від кількості поколінь фітопатогену.

Спонтанні мутації відбуваються з низькою частотою. Так, упродовж однієї клітинної генерації приблизно 1 мутація на 10^8 — 10^9 біологічних клітин. У популяції зі значною кількістю клітин ймовірність виникнення резистентності гриба в будь-якому гені мутації, яка призводить до перетворення чутливих до певного препарату клітин, досить велика.

У табл. 5.21 показано кількість змін у генах, які впливають на виникнення резистентності [466] В окремих випадках у результаті мутації лише в 1 локусі генома клітина гриба після першого контакту з хімічним препаратом набуває стійкості до підвищених концентрацій препарату. Типовий приклад такої мутаційної резистентності — одноступінчате виникнення стійкості до препарату внаслідок зміни гена. У результаті мутації порушується амінокислотна послідовність протеїну в субчастці рибосоми. При цьому рибосома втрачає здатність зв'язувати активний інгредієнт, і

клітина набуває до нього стійкості. Такий тип виникнення резистентності після короткочасного контакту з активним інгредієнтом фунгіциду характерний для системних препаратів та антибіотиків.

Таблиця 5.21

Зміни в генах грибів, що відповідають за резистентність до фунгіцидів [466]

Сполуки	Гриб	Кількість змін у генах
Ароматичні вуглеводи	<i>Aspergillus nidulans</i>	5
Бензимидазоли	<i>A. nidulans</i>	1 або 2
	<i>Neurospora crassa</i>	1
	<i>Ustilago hordei</i>	>10
	<i>U. maydis</i>	1
	<i>Venturia inaequalis</i>	1
Додін	<i>V. inaequalis</i>	2
Імазаліл	<i>A. nidulans</i>	8
Дикарбоксиміди	<i>A. nidulans</i>	3
	<i>U. hordei</i>	>10
	<i>U. maydis</i>	3
Касугаміцин	<i>Piricularia oryzae</i>	1–3

Частіше стійкість виникає унаслідок невеликих дискретних змін, зумовлених послідовними мутаціями в багатьох локусах. При цьому стійкість у мікроорганізмів зростає поступово, у процесі тривалого контакту з поступово зростаючими концентраціями фунгіциду. Але при тривалому застосуванні фунгіцидів, які діють на різноманітні біохімічні процеси, чутливість до них грибів може різко знижуватись. Уже в 60-х роках минулого століття було виділено штами, стійкі до мідного купоросу, каптану, тіраму, сірки, мідьмісних препаратів та ін. Скажімо, на Атлантичному узбережжі США для захисту картоплі від фітофторозу в кінці XIX ст. було достатньо

2—3 обробки бордоської рідини за сезон; після 60 років використання препарату потрібно було провести вже 10 обробок [224].

Формування резистентних рас грибів. Використання сумішей, що містять контактні й системні активні інгредієнти, чергування системних препаратів з різним механізмом дії значною мірою знижує виникнення резистентності [66]. Після припинення використання фунгіциду, до якого виробилась стійкість, тривалість збереження резистентності коливається від 6-ти місяців до 3-х років. Теоретично популяція повертається до попереднього стану, але після відновлення її до початкових форм повторне використання фунгіцидів, які спричинили формування резистентних рас, призводить до більш швидкої втрати ефективності дії. За швидкістю виникнення резистентності препарати поділяємо на 3 групи (табл. 5.22).

Таблиця 5.22

Розвиток резистентності в грибів до фунгіцидів з різним механізмом дії

Повільно	Поступово	Швидко
Сполуки з невизначеним місцем дії	Інгібітори синтезу ДНК » синтезу РНК » загальних клітинних процесів	Інгібітори дихання Речовини, які діють на клітинні мембрани

Як переконатись, що ми маємо справу з резистентністю? Низька ефективність будь-якого фунгіциду, спричинена, наприклад, погодними умовами, невчасним застосуванням або обробкою не тим препаратом, часто розглядається як прояв резистентності [418].

Нині на ринку засобів захисту рослин існує значна кількість препаратів, але багато з них мають один і той самий механізм дії. Усього нараховують менше 2-х десятків таких механізмів. Резистентний до препарату збудник може проявляти стійкість і до фунгіцидів різних класів, у тому числі й експериментальних. Це свідчить про наявність перехресної резистентності —

стійкості рослин до 2-х або більше препаратів з єдиним механізмом дії. Існує поняття і множинної резистентності. Про неї говорять тоді, коли збудник резистентний до фунгіцидів з різним механізмом дії.

При виявленні резистентності необхідно застосовувати інший альтернативний препарат. Деякі виробники пестицидів рекомендують продовжувати використання того самого фунгіциду, до якого вже відмічена резистентність, у поєднанні з іншими препаратами, що мають інший механізм дії. Є думка, що при виявленні резистентності слід уникати застосування тих препаратів, до яких вона відмічена, і перейти на застосування препаратів з іншим механізмом дії. Рекомендації контролю резистентності прості, але щоб не допустити її появи, необхідно систематично здійснювати контроль за чинниками (табл. 5.23), які її спричиняють. Адже перехресна або множинна резистентність може зробити непотрібними відразу декілька пестицидів.

Таблиця 5.23

Чинники, які спричиняють виникнення резистентності

Чинник	Наслідки дії
Відсутність ротації фунгіцидів	Відбувається природний добір. Сприйнятливі штами гинуть, а резистентні виживають і розмножуються
Наявність штамів, надчутливих до певного фунгіциду	Суворий природний добір, у результаті якого лише незначна кількість сприйнятливих грибів виживає. Резистентні штами не зустрічають обмежень для розвитку і посилення патогенності
Використання фунгіцидів з тривалим періодом розпаду	Суворий природний добір. Постійний тиск на нестійкі форми. Резистентні штами, вільні від такого тиску, інтенсивно уражують рослину-господаря
Використання фунгіцидів вибіркової дії	Активний інгредієнт препарату діє лише на 1 обмінний процес, який і визначає резистентність. Сстійкі рослини мають відмінну від звичайних лише 1 ознаку, що робить природний добір більш ефективним

Неправильний вибір препаратів призводить до швидкого розвитку резистентності. Застосування композицій препаратів і заводських сумішей, повторних обробок, комбінації фунгіцидів з різним механізмом дії, що використовують у системі захисту, допомагає долати резистентність

Висновки до розділу 5

Застосування інсектицидів через систему краплинного зрошування є перспективним напрямком в захисті рослин і може успішно використовуватися для захисту кукурудзи від різних видів фітофагів. Перевагою таких систем є змога швидкого застосування пестицидів у зручний для сільгоспвиробника час, незалежно від погодних умов.

В умовах Лісостепу України використання інсектицидів одночасно із краплинним зрошуванням забезпечувало технічну ефективність проти личинок коваликів 80-97,1%. Рослини кукурудзи під час наступного росту та розвитку продовжували всмоктувати інсектицид з ґрунтового розчину, що продовжувало тривалість токсичної дії препаратів.

Внесення кількох-компонентних інсектицидів, зокрема Воліам Флексі 300 SC, КС, Ампліго 150 ZC ФК та Енжіо, 247 SC, к.с. за максимальних норм їх витрати дало змогу одержати густоту стояння рослин на 18,3-23,9%, а врожайність зерна на 2,0-2,4 т/га вищу, порівняно з контролем.

В умовах Південного Степу України використання інсектицидів одночасно із краплинним зрошуванням за рахунок локального їх внесення забезпечувало високу ефективність препаратів проти личинок колорадського жука, продовжувало тривалість токсичної дії препаратів, порівняно зі способом обприскування.

Застосування інсектицидів Актара 240 SC, к.с., Карате Зеон 050 CS, мк.с., Воліам Флексі 300 SC, КС із краплинним поливом забезпечує високий

рівень захисту капусти (технічна ефективність 84,8-96,8%) від основних шкідників. Такий спосіб внесення інсектицидів також має пролонговану захисну дію, яка триває 40-55 днів, що на 10-25 днів перевищує звичайне внесення препаратів (обприскування).

Препарати із групи неонікотиноїди були високоефективними проти сисних шкідників пшениці впродовж 2 тижнів. Максимальну технічну ефективність проти них, що складала 99,7-100,0%, відмічено у варіанті із застосуванням інсектициду Енжіо 24,7 % к.с. Дещо нижчу ефективність проявляли Актара, 24 % к.с (97,9-99,2 %) та Протеус 11% м.д. (97,4-99,4 %).

За зрошення застосування на сої, кукурудзі, фунгіцидів груп сторобілуринів та триазолів забезпечувало захист від хвороб листя на рівні 83-94%, на помідорах – до 52%, на моркві - 53-93%.

Викладені в розділі 5 матеріали опубліковано в статтях у наукових фахових виданнях України:

1. Семенко Л.О., Мельничук Ф.С. Значення застосування засобів хімізації у підвищенні урожайності та структури врожаю озимої пшениці. Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спеціальний випуск. Охорона ґрунтів від ерозії і техногенного забруднення, рекультивация, агрохімія, біологія ґрунтів. 2014. №3. С. 226–227.

2. Мельничук Ф.С., Мельничук Л.М., Алексєєва С.А., Лікар С.П. Вплив стеблового кукурудзяного метелика на розвиток фузаріозу качана. Карантин і захист рослин. 2017. № 10-12 С. 21–24.

3. Мельничук Ф.С., Алексєєва С. А., Гордієнко О. В. Захист картоплі від шкідливих організмів. Меліорація і водне господарство. 2019. Вип. 1 (109). С. 99-107.

4. Мельничук Ф.С., Марченко О.А., Шатковський А.П., Мельничук Л.М, Ретьман М.С., Ничипорук О.М. Стан та перспективи вивчення

ефективності дії пестицидів на продукційні процеси в умовах зрошення. Меліорація і водне господарство, 2019, № 2. Р. 209 - 216.

5. **Мельничук Ф.С.**, Алексеева С.А., Гордієнко О.В., Мельничук Л.М., Шатковська К.Б. Контроль чисельності ґрунтових шкідників кукурудзи за умов краплинного зрошення та дощування. Меліорація і водне господарство. 2020. Том 111, №1. С. 86-94.

6. **Мельничук Ф.С.**, Алексеева С. А., Гордієнко О. В., Мельничук Л.М., Шатковська К.Б. Ефективність інсектицидів проти основних фітофагів картоплі за дощування та краплинного зрошення. Біологічні системи: теорія та інновації. 2020. Том 11, № 3. С. 92 – 105.

7. **Мельничук Ф.С.** Ефективність фунгіцидів проти хвороб моркви на зрошенні. Карантин і захист рослин. 2015. № 12. С. 10–11.

8. **Мельничук Ф.С.** Ефективність фунгіцидів проти комплексу хвороб соняшника в умовах Лісостепу України. Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2013. №17. С. 450–453.

9. **Мельничук Ф.С.** Ефективність різних систем захисту картоплі від фітофторозу та альтернаріозу. Науковий вісник НУБіПУ. К., 2013. №183. С.156–161.

10. Ретьман М.С., **Мельничук Ф.С.**, Дрозд П.Ю., Марченко О.А. Фунгіцидні системи захисту картоплі, що застосовуються в умовах інтенсивних агротехнологій. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія, 2015. Вип. 210, №1. С. 290-294.

11. **Мельничук Ф.С.** Ефективність застосування фунгіциду Піктор проти комплексу хвороб соняшника на меліорованих землях

12. **Мельничук Ф.С.**, Марченко О.А., Черевичний Ю. Особливості захисту просапних культур в умовах зрошення. Наукові горизонти. 2020. №12. С. 36-45.

13. Лісовий М. П., Ретьман С. В., **Мельничук Ф. С.** Фунгіцидна резистентність грибів–збудників хвороб та шляхи її подолання. Вісник аграрної науки. 2010. № 9. С. 19-21.

Статті у закордонних виданнях та у виданнях, занесених до міжнародних наукометричних баз

14. Ретьман С. В., Борзых А.И., Кислых Т.Н., Стригун А.А., Сторчоус И.Н., Шевчук О.В., **Мельничук Ф.С.** Защита сои. Защита и карантин растений. 2015. №4. С. 53–88.

15. **Melnichuk F.**, Melnichuk L., Alekseeva S., Retman S., Hordiienko O. Neonicotinoids against sucking pests on winter wheat stands in the Forest-Steppe Zone of Ukraine. Annals of agrarian science. 2019. Vol.17, N2. P. 175-179.

Тези доповідей на наукових конференціях

16. Шатковський А.П., Семенко Л.О., **Мельничук Ф.С.** Застосування інокулянтів і фунгіцидів на сої в умовах зрошення Матеріали міжнародної науково-практичної конференції 22.03.13. – К, 2013. – С. 57.

17. **Мельничук Ф.С.**, Алексеева С. А., Гордієнко О. В. Вплив якісних характеристик води на ефективність застосування пестицидів. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Вода для всіх», присвяченої Всесвітньому дню водних ресурсів (21 березня 2019 р., ІВПіМ, м. Київ). Київ, 2019. С. 207-208.

18. **Мельничук Ф.С.**, Марченко О. А., Ретьман М.С., Мельничук Л.М. Застосування пестицидів в інтегрованих системах захисту просапних культур за краплинного зрошення. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Вода для всіх», (Київ, 21 березня 2019 р., К.: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2019. С. 195-196

19. **Мельничук Ф. С.**, Алексеева С. А., Гордиенко А. В. Применения инсектицидов методом капельного орошения на томатах в Южном регионе Украины. Становление и развитие науки по защите и карантину растений в

Республике Казахстан. Сборник материалов Международной научной конференции, посвященной 60-летию основания института и 100-летию научных исследований по защите растений в Казахстане. Алматы, 2018. С. 435-440.

20. Ретьман С.В., Кислих Т.М., **Мельничук Ф.С.** Захист озимої пшениці від септоріозу листя в Лісостепу України. Всеукраїнська науково-практична конференція присвячена 100-річчю з дня народження академіка В. Ф.Пересипкіна «Фітопатологія: Сучасність і майбутнє». К., 2014. С. 97-99.

РОЗДІЛ 6

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕСТИЦИДІВ В ІНТЕГРОВАНИХ СИСТЕМАХ ЗАХИСТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ

6.1. Системи захисту сільськогосподарських культур від шкідників та хвороб за зрошення

В сучасному землеробстві, системи зрошення використовуються не тільки під застосування води, але і для внесення добрив, інсектицидів, гербіцидів, фунгіцидів та ін. Використання таких технологій дозволяє забезпечити рівномірний розподіл і точне розміщення хімічних речовин незалежно від погоди або польових умов, знижує тракторні проходи в полях, зменшуючи ущільнення ґрунту, мінімізує контакти оператора по змішуванню і дозуванню потенційно небезпечних матеріалів. Вартість застосування пестицидів методом пестигації складає біля однієї третини вартості звичайних методів внесення [171].

В районах, де часто трапляються тривалі періоди з відсутністю опадів зрошення є найважливішим засобом підвищення продуктивності рослинництва. Воно сприяє утворенню більш щільного травостою, змінюючи мікроклімат в посіві, знижує температуру у приґрунтовому шарі та підвищує вологість повітря й тривалість зволоження листя, таким чином створюючи кращі умови для розвитку патогенів, сприяючи їх епіфітотійному розвитку. Зрошення впливає на розвиток хвороб не тільки через умови, що стають більш сприятливими для зараження рослини, але й на споруляцію та відіграє важливу роль у розповсюдженні деяких патогенів [171, 267, 293].

По мірі розвитку хвороби, в процесі зрошення відбувається поширення спор збудника на сусідні рослини з краплинами води, поливною водою, сприяючи розвитку епіфітотії. Збудники хвороб рослин, виявлені з водних

ресурсів включають в себе 17 видів роду *Phytophthora*, 26 з *Pythium*, 27 інших родів грибів, 8 видів бактерій, 10 вірусів. Забруднена вода для зрошення є основним, якщо не єдиним, джерелом інокулюму фітофторозу для розсадників плодкових і овочевих культур [267, 293, 362].

Крім того, за зрошення підсилюється розвиток хвороб, які потребують теплого вологого клімату. Зокрема, підсилюється розвиток кутастої плямистості, антракнозу, борошнистої роси, бактеріального опіку бобів, чорної гнилі та антракнозу дині, бактеріального опіку суниці, фітофторозу й бактеріальних хвороб томатів, чорної ніжки у хрестоцвітих культур [296, 348, 359, 362, 370, 383, 432].

Так само, прямо чи опосередковано, зрошення діє і на шкідників. Пряма дія полягає у впливі вологозарядкових поливів на шкідників, що мешкають у ґрунті (гусениці підгризаючих совок, коренева бурякова попелиця). При дощуванні з рослин змиваються дрібні комахи (попелиці, цикадки, блішки), які масово гинуть. Опосередкований вплив зрошення виявляється через зміну мікроклімату, поліпшення загального фізичного стану рослин, у результаті чого активно компенсуються завдані фітофагами пошкодження [227, 241, 255, 340].

У зв'язку із зміною режиму вологості ґрунту перевагу мають гігрофільні види (дротяники, листові попелиці, стебловий метелик, злакові пильщики, жувелиці), активізуються збудники хвороб (іржа, септоріоз, кореневі гнилі). Водночас знижується чисельність ксерофільних видів, насамперед, чорнишів, саранових, хлібних жуків, клопа-черепашки. Застосовуючи вологозарядні поливи, дощування, дрібнодисперсне обприскування, можна активно впливати на чисельність і шкодочинність різних груп фітофагів та активність корисних організмів [227, 293].

Таким чином, зрошення не тільки змінює екологічні умови вирощування культури, але й модифікує існуючі фітопатогенні й ентомокомплекси, справляючи під час комплексний та різновекторний вплив,

що потребує суттєвих змін у технологіях захисту, розробки нових методів контролю шкідливих організмів.

Разом з цим, знижується токсичне навантаження на оточуюче середовище і людину, завдяки тому, що пестициди в умовах краплинного зрошення розчиняються в воді краще ніж за традиційних технологій. Тому, дрейф зрошувальної суміші в інші нецільові зони має менш токсичний вплив і відповідно менше забруднює оточуюче середовище [460].

Зокрема, використання таких технологій суттєво підвищує виробництво овочевої продукції і знижує її собівартість. Застосування гербіцидів разом з поливною водою зазвичай ефективно для контролю бур'янів саме в зоні зволоження поливними водами. Таким, чином гербігація через поливні системи особливо має високу ефективність в умовах недостатнього зволоження. Рух гербіцидів які застосовуються в поливних системах в багатьох випадках залежить від розчинності, абсорбції і летючості [316].

На сьогоднішній день USEPA зареєстрована велика кількість інсектицидів, для застосування за крапельного зрошення на багатьох культурах. Їх використання разом з поливною водою за крапельного зрошення забезпечує більш ефективний контроль за комахами-шкідниками в порівнянні з традиційною листовою обробкою адже завдяки кореневому поглинанню відбувається більш рівномірний розподіл препарату по рослині. Для овочевих культур 1-2 разове застосування інсектицидів методом пестигації забезпечує ефективність на рівні декількох обробок традиційними методами. Виявлено, що одноразове введення хлорантраніліпролу крізь крапельну систему відповідало за ефективністю 4 позакореневим обробкам пиретроїдом лямбда-цигалотрину для контролю над гусінню, що пошкоджує томати [460].

Ghidiu G.M. et al. [315] показали, що 2 вприскування хлорантраніліпролу в систему крапельного зрошення мали таку ж ефективність, як 7 стандартних листових обробок, що склались з 2

обробок ацефатом та 5 обробок індоксакарбом для контролю над кукурудзяним метеликом на болгарському перці.

Фунгігація є звичайною практикою для боротьби з грибними захворюваннями в регіонах де широко застосовується зрошувальне землеробство. У замкнених системах зрошення, фунгігація найчастіше обмежується застосуванням системних фунгіцидів для боротьби з ґрунтовими патогенами. Однак Katz I., Cunha A. P., Sousa A. P., Herdani E. E. [350] показали, що фунгігація може бути ефективною і для контролю захворювань, що вражають надземні частини. Так, використання фунгігації може ефективно знижувати розвиток сірої гнилі на декоративних рослинах. Araújo J., Furtado E., Filho H., Lombardi A. [241] встановили, що внесення фунгіцидів з поливною водою при краплинному зрошенні ефективно захищає томати від хвороб.

Таким чином, добір сучасного асортименту хімічних речовин, які можливо ефективно використовувати в хімігації проти тих чи інших шкідливих організмів, є на сьогодні одним з актуальних напрямків краплинного зрошення і потребує дослідження в ґрунтово-кліматичних зонах України.

Хімічні засоби захисту рослин повинні задовольняти певним вимогам. Вони мають бути:

- 1) токсичними для цільових об'єктів;
- 2) нешкідливими для рослин, що захищаються (навіть бажано, щоб ці речовини виявляли стимулюючу дію на їх зростання і розвиток), людини, теплокровних тварин і усієї корисної фауни;
- 3) універсальними (використовуються в боротьбі з великою кількістю шкідливих організмів);
- 4) стандартними, тобто повинні відповідати ДСТУ (у практиці хімічного захисту рослин слід застосовувати тільки стандартні препарати);
- 5) транспортабельними, тобто, зручними для транспортування.

Виходячи з цього, серед хімічних препаратів, які включені до «Переліку пестицидів і агрохімікатів дозволених до використання в Україні» був проведений добір пестицидів за наступними вимогами з метою їх використання за краплинного зрошення:

- висока розчинність препарату в воді,
- не токсичність для кореневої системи та ґрунтових організмів,
- системна дія,
- висока селективність до шкідливого організму

Технології застосування пестицидів при краплинному зрошенні передбачають застосування хімічних складових, які характеризуються трансламіна́рним та акропетальним рухом по рослині та мають системний характер дії. В результаті аналізу літературних джерел відібрані наступні діючі речовини за механізмом дії на шкідливі організми (табл. 6.1).

За останні 10 років площі краплинного зрошення сільськогосподарських культур в Україні зросли більш ніж у 10 разів і за нашими підрахунками становлять близько 65 тис. га. Одночасно з підвищенням ефективності зрошення як такого (порівняно з дощуванням і поверхневими способами поливу) з'явилися нові можливості внесення розчинних мінеральних (або органічних) добрив, пестицидів та хімреагентів – безпосередньо через напірну систему краплинного зрошення чи мікродощування. Сам процес введення залежно від типу застосовуваної речовини отримав такі назви:

- фертигація – внесення добрив з поливною водою;
- гербігація – внесення гербіцидів;
- інсектигація – внесення інсектицидів;
- фунгігація – внесення фунгіцидів.

Зазначимо, що спосіб внесення ЗЗР з поливною водою вимагає від використовуваних пестицидів наявності певних властивостей, в першу чергу – сильно вираженої коренево-системної дії препарату. На сьогодні є деякий

практичний досвід та наукові рекомендації щодо внесення інсектицидів з поливною водою на системах краплинного зрошення, стосовно контролю фітоінфекції він має опосередкований вплив. Даним способом ми можемо контролювати вектор-переносчик вірусів комах.

Таблиця 6.1

Перспективні для застосування за краплинного зрошення діючі речовини пестицидів

Інсектициди	Фунгіциди	Гербіциди
хлорпірифос	азоксістробін	бромоксаніл
зета-циперметрин	піраклостробін	ацифлуорфен
метил паратіон	флуопірам	лактофен
гама-цигалорин	боскалід	атразин
карбофуран	флуоксістробін	хлорсульфурон
ацетаміпрід	хлороталоніл	
флонікамід	сульфат міді	
імідаклопрід	ципроконазол	
тіаметоксам	тіофанат метил	
спіносад	<i>Bacillus pumilis</i> (препарат Ballad PLUS)	
перметрін	<i>Bacillus subtilis</i> штам QST 713 (препарат Serenade ASO)	
есфенвалерат		
цифлутрин		
біфентрін		
лямбда-цигалотрін		

В світовій і вітчизняній практиці такий спосіб застосування пестицидів отримав розповсюдження починаючи ще з середини 80-х років минулого століття [125]. Він досить широко використовується при вирощуванні просапних культур (овочів, картоплі, кукурудзи на зерно, сої, буряку цукрового тощо).

Хімічні речовини системної дії в рослинах рухаються - в апопласті або ксилемі, по яких рухається вода та розчинені солі, і транслокаторно - по флоемі, рухаються розчинені поживні речовини. Ці механізми зумовлюють акропітальний (висхідний) або базипітальний (низхідний) рух пестицидів по рослині. Для більшості системних препаратів характерне переміщення діючої речовини по ксилемі, а в окремих випадках спостерігається рух по флоемі. Для наших досліджень найбільший інтерес представляють препарати які рухаються по ксилемі. Найбільш цікавими для мікрозрошення є діючі речовини

- трифорин – унікальною властивістю препарату є здатність проникати в рослину як із кореня в листя, так і в оберненому напрямку;
- фосетил алюмінію - швидко проникає в середину рослини і переміщується з нисхідним і висхідним рухом;
- тіофанат-метил поширюється по судинній системі акропетально (знизу вгору);
- беноміл проникає в рослину через коріння або листя рослини, де перетворюється в карбендазим - засіб, що проявляє високі фунгіцидні властивості. Значна частина беномілу залишається на поверхні, а завдяки частині, що проникла в рослину, препарат захищає навіть ті його частини, які з препаратом не взаємодіяли.

Цільові об'єкти – широкий спектр шкідників просапних культур, зокрема, дротяники, сисні шкідники, попелиці, квіткоїди тощо. Знищуючи шкідників таким способом можливо уникнути вірусної і бактеріальної інфекції

Технологічний процес внесення добрив, засобів захисту рослин і хімрегентів з поливною водою в системах краплинного зрошення регламентується нормативним документом ДСТУ «Зрошення. Внесення добрив і ЗЗР з поливною водою в системах мікрозрошення. Загальні вимоги». Нормативний документ розроблено Інститутом водних проблем і меліорації

НААН спільно з Національним університетом біоресурсів і природокористування КМ України та ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії імені О.М. Соколовського НААН», який у 2012 році погоджено і підписано до друку в ДП «УкрНДНЦ».

Основні вимоги та рекомендації щодо введення ЗЗР через напірну іригаційну систему зводяться до наступного:

1. Оптимальний час для введення ЗЗР – 08:00-11:00, тобто це час коли продири рослин є максимально відкритими.

2. Перед початком введення хімпрепарату тривалість поливу повинна бути не менша 40 хв., тобто ґрунт попередньо треба зволожити на глибину 10-20 см (залежно від типу ґрунту за його гранулометричним складом).

3. Процес введення триває до спрацювання робочого розчину. Кожні 2-3 хв. його необхідно ретельно розмішувати.

4. Після закінчення введення препарату систему краплинного зрошення необхідно промити протягом (тобто полив ще повинен тривати) не менше 15-20 хв.

5. Не проводити полив у наступні 2 доби. За можливості не проводити полив якомога довший період. За таких умов отримуємо найбільш оптимальний розподіл та проникнення препарату в рослину, одночасно створюється широка захисна смуга в ґрунті.

6. При проведенні поливу з внесенням ЗЗР необхідно дотримуватись всіх норм та правил безпеки праці при виконанні цього виду робіт. Працівник повинен пройти інструктажі із техніки безпеки (первинний та безпосередньо на робочому місці), обов'язково мати всі необхідні індивідуальні засоби захисту для виключення потрапляння препарату на відкриті ділянки шкіри чи дихальні шляхи.

Внесення засобів захисту рослин через напірну іригаційну систему включає етап подачі хімічних препаратів, за якого необхідно здолати

робочий тиск системи. Для цього застосовують різні підходи, основними з яких є три:

1. Всмоктування на основі ефекту Вентурі (інжектор), яке полягає в тому, що у місці звуження потоку в трубі за особливих умов на вході і виході створюється розрядження внаслідок різкого збільшення швидкості руху води через місце звужування.

2. Обладнання з дозуючим баком: частина основного потоку проходить через дозуючий бак, який містить еластичний балон з розчином хімпрепаратів.

3. Вприскування за допомогою насоса, який використовує енергію потоку води.

Сьогодні на українському ринку пропонують досить широкий асортимент технічних засобів для внесення добрив і ЗЗР з поливною водою. Основними виробниками цього устаткування є фірми DGT (Бельгія), VALMATIK (Італія), DOSATRON (Франція), DOSMATIC, VALMONT (США), ARKAL (Ізраїль) та інші.

Устаткування для внесення добрив та ЗЗР на СКЗ необхідно розміщувати перед фільтром тонкої очистки. Продуктивність устаткування в дм^3 за годину розраховують за формулою (1.1):

$$Q = \frac{S \times V}{t}, \quad (6.1)$$

де S – площа, га;

V – доза добрив чи препарату, $\text{дм}^3/\text{га}$;

t – тривалість внесення добрив чи препарату, годин.

Застосування на практиці описаного способу внесення засобів захисту рослин дає можливість покращити екологічний стан посівів, поліпшити санітарно-гігієнічний стан робочої зони працюючих і, одночасно, вирощуючи при цьому екологічно чисту продукцію рослинництва. Крім того, такий спосіб внесення засобів захисту рослин є більш економічно доцільним,

порівняно з традиційним обприскуванням насаджень – економія коштів складає в середньому від 60 до 75%.

Отримані результати показали, що одним з вагомих недоліків внесення ЗЗР з поливною водою є обмеження строків внесення поливними режимами. Тому, нами була застосована комбінована схема захисту просапних культур, яка передбачає профілактичні обробки в стислі строки традиційними методами в залежності від фітосанітарної ситуації посівів (табл. 6.2). Результати аналізу кінцевого врожаю дослідних ділянок показали, що найбільша ефективність проти основних шкідників та патогенів на кукурудзі, томатах та сої спостерігалась при комбінованому способі внесення пестицидів згідно розроблених схем (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Системи захисту сільськогосподарських культур

Традиційна	Пестигація	Комбінована
Системні та контактні інсектициди	Системні інсектициди	Інсектициди: традиційна система +пестигація
Системні та контактні фунгіциди	Системні фунгіциди	Фунгіциди: традиційна система +пестигація

Високу технічну ефективність проти основних шкідників на сої, томатах за розсадного способу вирощування при внесенні з поливною водою та за традиційною технологією (обприскування) виявили інсектициди з діючими речовинами імідаклоприд (200 г/л), тіаметоксам (240 г/л) та на кукурудзі суміш діючих речовин імідаклоприд, 150 г/л + лямбда - цигалотрин, 50 г/л.

Так, на сої дворазове застосування інсектицидів (на 51-53 та 60-61 етапах за шкалою ВВСН) внесення інсектициду з діючою речовиною імідаклоприд (200 г/л) за норми витрати 0,2-0,25 л/га знижувало чисельність

акацієвої вогнівки та тютюнового трипса до рівнів нижчих економічного порогу шкідливості (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

Ефективність інсектицидів проти шкідників на посівах сої перед збиранням врожаю (сорт Оксана, Херсонська обл., 2017-2018 рр.)

Варіант досліджу	Норма витрати препарату, л/га	Технічна ефективність, %					
		Традиційне внесення		Пестигація		Комбіноване внесення	
		акацієва вогнівка	тютюновий трипс	акацієва вогнівка	тютюновий трипс	акацієва вогнівка	тютюновий трипс
Контроль (без обробки)	–	5,7*	7,4*	6,3*	8,7*	5,1*	6,8*
імідаклоприд, 200 г/л	0,2	75,9	82,6	69,8	75,6	89,7	87,3
імідаклоприд, 200 г/л	0,25	92,1	90,4	82,6	83,2	97,6	96,5

Примітка : * - чисельність, особин/10 рослин.

Обліки чисельності шкідників, проведені перед першою обробкою засвідчили появу перших особин тютюнового трипса на рослинах. Перед другою обробкою його чисельність збільшилась і становила в середньому за період досліджень 3,4 особин/10 рослин. Перед збиранням врожаю кількість шкідників на контролі досягла 6,8-8,7 особин./10 рослин. Технічна ефективність імідаклоприду перед збиранням врожаю проти тютюнового трипса за традиційного внесення становила 82,6-90,4%, а за пестигації 75,6-83,2%. Комбіноване внесення інсектицидів дало змогу підвищити його ефективність до 87,3-96,5%.

Чисельність акацієвої вогнівки досягала за відсутності заходів захисту 5,1-6,3 особин/10 рослин. Технічна ефективність проти акацієвої вогнівки діючої речовини імідаклоприд, 200 г/л навіть в кінці вегетації залишалась достатньо високою і становила 75,9-92,1% за традиційного

внесення, 69,8-82,6% за пестигації та 89,7-97,6% - за комбінованого внесення. Фунгітоксичної дії досліджуваних препаратів за всіх способів внесення не відмічено.

На томатах гібриду Лампо F1 за традиційного внесення вищу ефективність показали імідаклоприд (200 г/л) за норми витрати 0,25 л/га та тіаметоксам (240 г/л) за норми витрати 0,09 л/га. Технічна ефективність проти імаго та личинок колорадського жука на цих варіантах становила відповідно 87,4% та 90,3%, а проти попелиць – 91,3-92,4% (табл. 6.4).

Таблиця 6.4

Ефективність інсектицидів проти шкідників на томатах перед збиранням врожаю (гібрид Лампо F1, Херсонська обл., 2017-2018 рр.)

Варіант досліджу	Норма витрати препарату, л/га	Технічна ефективність, %					
		Традиційне внесення		Пестигація		Комбіноване внесення	
		імаго та личинки колорадського жука	зелена та баштанна попелиця	імаго та личинки колорадського жука	зелена та баштанна попелиця	імаго та личинки колорадського жука	зелена та баштанна попелиця
Контроль (без обробки)	–	15,1*	8,6**	14,8	10,5**	15,6*	9,3**
імідаклоприд, 200 г/л	0,2	78,3	70,6	75,4	58,9	85,9	82,7
імідаклоприд, 200 г/л	0,25	87,4	91,3	82,7	76,8	95,4	97,3
тіаметоксам, 240 г/л	0,07	75,9	85,6	65,8	72,7	82,6	92,5
тіаметоксам, 240 г/л	0,09	90,3	92,4	85,2	84,9	95,4	96,8

Примітка : * - шт. на рослину;

** - шт./100 листків культури

За пестигації ефективність проти даних шкідників на томатах була нижчою. Це можна пояснити можливістю більш оперативного корегування

термінів внесення інсектицидів в залежності від строків появи шкідників на дослідних ділянках та щільності їх популяції за традиційного внесення.

Комбіроване внесення давало змогу знизити чисельність популяції колорадського жука на 85,9-95,4% за внесення інсектициду на основі імідаклоприду, 200 г/л та на 82,6-95,4% залежно від норми витрати інсектициду тіаметоксам, 240 г/л. Проти зеленої та баштанної попелиці дані препарати показали технічну ефективність на рівні 82,7-97,3% та 92,5-96,8% відповідно.

Фунгітоксичної дії досліджуваних препаратів за всіх способів внесення на помідорах не відмічено.

Проти стеблового кукурудзяного метелика застосовували комбінований інсектицид на основі двох діючих речовин – імідаклоприд, 150 г/л + лямбда - цигалотрин, 50 г/л. Вносили його з нормами витрати 0,12 та 0,14 л/га. Кратність внесення – дворазова. Першу обробку проводили на початку відродження гусениць, наступну – через 14 днів.

Пошкодження рослин кукурудзи в контролі перед збиранням врожаю досягало 31,2-32,8 екз./м².

Проти стеблового кукурудзяного метелика за традиційного внесення технічна ефективність досліджуваного інсектициду досягала 87,9%. За пестигації рівень пошкодження рослин кукурудзи знижувався на 72,6-84,2% залежно від застосованої норми витрати (табл. 6.5). Комбінована система дала змогу досягти технічної ефективності на рівні 89,7-92,4%, що перевищувало результат, досягнутий як за традиційного обприскування посівів, так і за пестигації.

На всіх варіантах досліду фунгітоксичної дії інсектицидів на рослини кукурудзи не виявлено.

Із фунгіцидів досліджували системні препарати з діючими речовинами піраклостробін + метирам (50 г/кг + 550 г / кг), азоксістробін (250 г/л), беноміл (500 г/кг), піраклостробін + епоксіконазол, (62,5 г/л + 62,5 г/л),

азоксістробін + тебуконазол (120 г/л + 200 г/л), епоксиконазол + тіофанат-метил (187 г/л + 310 г/л).

Таблиця 6.5

Ефективність інсектицидів проти шкідників на посівах кукурудзи перед збиранням врожаю (гібрид ДКС 5276, Херсонська обл., 2017-2018 рр.)

Варіант досліджу	Норма витрати препарату, л/га	Технічна ефективність, %					
		Традиційне внесення		Пестигація		Комбіноване внесення	
		стебло-вий метелик	фітотоксичність	стебло-вий метелик	фітотоксичність	стебло-вий метелик	фітотоксичність
Контроль (без обробки)	—	31,2 *	-	32,8*	-	32,4*	-
імідаклоприд, 150 г/л + лямбда - цигалотрин, 50 г/л	0,12	85,2	0	72,6	0	89,7	0
імідаклоприд, 150 г/л + лямбда - цигалотрин, 50 г/л	0,14	87,9	0	84,2	0	92,4	0

Примітка : * - пошкоджено рослин, %

Протягом періоду досліджень розвиток фітофторозу в контролі на 7-й день після останньої обробки був у межах 39,6-41,8%. Технічна ефективність досліджуваних фунгіцидних препаратів за традиційного внесення була на рівні 60,6-70,4%. За пестигація пригнічення розвитку хвороб досягалось в значно меншому ступені.

Комбіноване внесення давало змогу досягти рівня технічної ефективності проти фітофторозу томатів на 10-15% вищого порівняно з результатами, одержаними для традиційного внесення (табл. 6.6).

Розвиток альтернаріозу в контролі в середньому досягав 30,9-33,4%. За традиційного внесення технічна ефективність проти цієї хвороби старновила

61,1% при застосування фунгіциду на основі діючих речовин піраклостробін, 50 г / кг + метирам, 550 г / кг. На варіанті, де обробку проводили препаратом на основі азоксістробіну, 250 г/л, розвиток хвороби знижувався на 65,7%. Як і щодо фітофторозу за пестигації фіксувався нижчий рівень технічної ефективності фунгіцидів.

Таблиця 6.6

Ефективність фунгіцидів проти хвороб на помідорах на 7 добу після останньої обробки (гібрид Лампо F1, Херсонська обл., 2017-2018 рр.)

Варіант досліджу	Норма витрати препарату, л/га	Технічна ефективність, %					
		Традиційне внесення		Пестигація		Комбіноване внесення	
		фітофтороз	альтернаріоз	фітофтороз	альтернаріоз	фітофтороз	альтернаріоз
Контроль (без обробки)	–	40,6*	32,1*	41,8*	33,4*	39,6*	30,9*
піраклостробін, 50 г / кг + метирам, 550 г / кг	2,0	60,6	61,1	55,7	40,1	74,7	70,9
азоксістробін, 250 г/л	0,6	70,4	65,7	61,7	44,6	79,8	75,7

Примітка : * - розвиток хвороби, %

Комбіноване внесення фунгіцидів дозволило знизити розвиток альтернаріозу помідорів в більшому ступені порівняно з традиційним та пестигацією. На цих варіантах досліджу технічна ефективність досліджуваних препаратів становила 70,9-75,7%.

Фунгітоксичної дії досліджуваних препаратів за всіх способів внесення не відмічено.

На посівах сої з хвороб спостерігали ураження септоріозом та антракнозом. Дворазова обробка фунгіцидами, проведена на 51-53 та 60-62 етапах за шкалою ВВСН дала змогу істотно знизити їх розвиток.

При внесенні фунгіциду піраклостробін, 62,5 г/л + епоксоконазол, 62,5 г/л з нормою витрати 1,5 л/га традиційним способом, технічна ефективність була на рівні 66,9% проти септоріозу і 71,8% - проти антракнозу. Дещо нижчі рівні зниження розвитку хвороб спостерігались за пестигації. Комбіноване внесення дало можливість досягти рваня технічної ефективності 71,3-81,6% (табл. 6.7).

Таблиця 6.7

Ефективність фунгіцидів проти хвороб на посівах сої на 7 добу після другої обробки (сорт Оксана, Херсонська обл., 2017-2018 рр.)

Варіант досліджу	Норма витрати препарату, л/га	Технічна ефективність, %					
		Традиційне внесення		Пестигація		Комбіноване внесення	
		септоріоз	антракноз	септоріоз	антракноз	септоріоз	антракноз
Контроль (без обробки)	–	36,2*	28,4*	35,8*	30,6*	34,8*	32,6*
піраклостробін, 62,5 г/л + епоксоконазол, 62,5 г/л	1,5	66,9	71,8	60,9	60,8	71,3	81,6
азоксістробін 120 г/л + тебуконазол 200 г/л	1,0	70,2	80,6	63,7	61,8	79,9	84,7
карбендазим 250 г/л	0,8	75,1	85,9	69,3	64,1	85,6	90,8

Примітка : * - розвиток хвороби, %

Фунгіцид на основі активних інгредієнтів азоксістробін 120 г/л + тебуконазол 200 г/л при внесенні його з нормою витрати 1,0 л/га також показав кращу технічну ефективність як проти септоріозу (79,9%), так і проти антракнозу (84,7%).

Препарат з діючою речовиною карбендазим 250 г/л (0,8 л/га) також виявив високу ефективність проти таких основних хвороб як септоріоз та антракноз. Технічна ефективність його за комбінованого внесення становила

відповідно 85,6% та 90,8%, що на 5-10% перевищувало традиційне внесення й на 15-25% - пестигацію.

Фунгітоксичної дії досліджуваних препаратів за всіх способів внесення не спостерігалось

На посівах кукурудзи при дворазовому внесенні сумішей діючих речовин піраклостробін, 62,5 г/л + епоксіконазол, 62,5 г / л (норма витрати 1,5-1,75 л/га) та азоксістробін 120 г/л + тебуконазол 200 г/л (норма витрати 1,0 л/га) виявлено високу технічну ефективність проти збудників гельмінтоспоріозу та фузаріозу (табл. 6.8).

Таблиця 6.8

Ефективність фунгіцидів проти хвороб на посівах кукурудзи на 7 добу після другої обробки (гібрид ДКС 5276, Херсонська обл., 2017-2018 рр.)

Варіант досліджу	Норма витрати препарату, л/га	Технічна ефективність, %					
		Традиційне внесення		Пестигація		Комбіноване внесення	
		фузаріоз	північний гельмінтоспоріоз	фузаріоз	північний гельмінтоспоріоз	фузаріоз	північний гельмінтоспоріоз
Контроль (без обробки)	–	12,5 *	13,1*	13,2*	13,5*	12,8*	12,6*
піраклостробін, 62,5 г/л + епоксіконазол, 62,5 г / л	1,5	72,0	64,5	59,4	51,4	85,7	69,8
піраклостробін, 62,5 г/л + епоксіконазол, 62,5 г / л	1,75	84,0	71,0	81,3	65,7	92,9	81,7
азоксістробін 120 г/л + тебуконазол 200 г/л	1,0	80,0	64,5	71,9	60,0	85,7	71,4

Примітка : * - розвиток хвороби,%

Найвищі показники отримано за комбінованого внесення. Технічна ефективність проти фузаріозу була в межах 85,7-92,9%, північного

гельмінтоспориозу – 69,8-81,7%, тоді як за традиційного внесення ці показники дорівнювали відповідно 72,0-84,0% та 64,5-71,0%.

Фунгітоксичної дії досліджуваних препаратів за всіх способів внесення не відмічено

Розроблені технології застосування пестицидів за результатами отриманих даних на посівах кукурудзи, томатів та сої передбачають застосування пестицидів разом з поливною водою та додаткову обробку хімічними препаратами протягом вегетації традиційними методами внесення.

Проведення додаткових профілактичних обробок методом обприскування дає можливість в стислі строки підбирати строки внесення пестицидів в залежності від фітосанітарної ситуації. За результатами проведених досліджень такі технології дали змогу отримати прибавку врожаю на кукурудзі на 1,8% більше за традиційну технологію внесення ЗЗР, на сої – на 3,3% та на томатах – на 3,4% (табл. 6.9).

Таблиця 6.9

Вплив різних систем захисту просапних культур на врожайність (2017-2018 рр.)

Культура	Система захисту	Врожайність, т/га	Прибавка врожайності, %
Кукурудза	контроль	14,65	-
	традиційна	18,49	27,0
	пестигація	18,26	25,4
	комбінована	18,76	28,8
	НІР ₀₅	0,22	
Соя	контроль	4,84	-
	традиційна	5,96	23,1
	пестигація	5,67	17,1
	комбінована	6,12	26,4
	НІР ₀₅	0,14	
Томати	контроль	72,61	-
	традиційна	96,38	32,7
	пестигація	95,23	31,2
	комбінована	98,81	36,1
	НІР ₀₅	0,76	

Як свідчать результати проведених експериментальних досліджень, різні способи внесення мають різну ефективність дії ЗЗР проти певних цільових об'єктів (табл. 6.10).

Таблиця 6.10

Характеристика способів захисту просапних культур за цільовими об'єктами

Пестициди	Традиційна система	Пестигація	Комбінована система
Системні та контактні інсектициди	Сисні та листогризучі шкідники	Сисні шкідники	Сисні та листогризучі шкідники
Системні та контактні фунгіциди	Кореневі гнилі та листові хвороби	Кореневі гнилі та деякі листові хвороби	Кореневі гнилі та листові хвороби

Таким чином, результати аналізу кінцевого врожаю дослідних ділянок показали, що найбільша ефективність проти основних патогенів на кукурудзі, томатах та сої спостерігалась при комбінованому способі внесення пестицидів згідно розроблених схем. Застосування такого способу внесення забезпечувало прибавку врожаю в межах 3-4% в порівнянні з іншими способами внесення за рахунок частки збереженого врожаю.

6.2 Визначення термінів проведення поливу

Отримання максимального ефекту від зрошення залежить від вибору часу початку поливу. Проектний режим зрошення наближено визначає строки проведення вегетаційних поливів. Безпосередньо час поливу встановлюють у процесі вегетації рослин [408]. У практиці зрошувального землеробства застосовують різні методи призначення строків вегетаційних

поливів. За конструктивними особливостями та характерними ознаками вченими [345, 346] методи розділено на три групи: за вологозапасами ґрунту, розрахункові методи водного балансу ґрунту і фізіологічною реакцією рослин. Одними із найуживаніших є на сьогодні методи першої [269] та другої [169] груп. Разом з тим, констатуємо, що вологість ґрунту є лише одним із абіотичних екологічних факторів суходолу, який впливає на водний обмін рослин. Тому одним із недоліків цих методів є відсутність зв'язку з самими рослинами, тобто вони не враховують фізіологічний стан рослин [345].

З метою встановлення залежностей між вологістю ґрунту і концентрацією клітинного соку (ККС) листя з 2010 по 2014 рр. на землях Кам'янсько-Дніпровської дослідної станції ІВПіМ НААН, м. Кам'янка-Дніпровська, Запорізької області, Україна ($47^{\circ}46'$ N, $34^{\circ}42'$ E) проведено дослідження на буряку цукровому і картоплі. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем звичайний малогумусний середньосуглинковий, НВ 0-60 см шару ґрунту складає 18,8 %, щільність складення – $1,35 \text{ г/см}^3$.

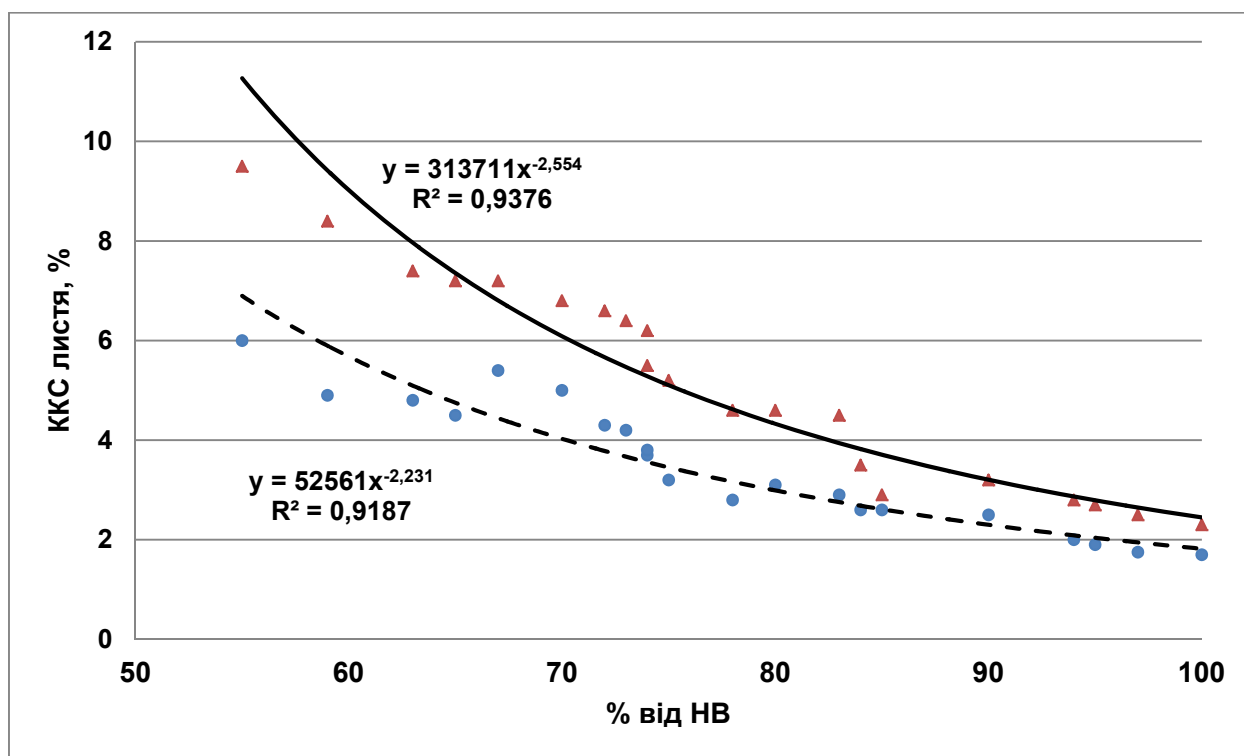
З 2016 по 2018 рр. на землях Дослідного господарства «Брилівське» ІВПіМ НААН, Олешківський район, Херсонської області, Україна ($46^{\circ}40'$ N, $33^{\circ}12'$ E) проведено дослідження на томаті розсадному. Ґрунт дослідної ділянки – темно-каштановий легкосуглинковий, НВ 0-70 см шару ґрунту складає 17,4 %, щільність складення – $1,5 \text{ г/см}^3$.

Методикою досліджень було передбачено пошарове визначення вологості ґрунту термостатно-ваговим методом [412] і паралельне визначення ККС листя. Для цього брали розвинутий листок з другого ярусу рослини. Також встановлювали зміни показника ККС залежно від часу доби та у різних частинах листка: у черешку, середині та кінчику.

Розміщення дослідних ділянок – систематичне, повторність – чотириразова. Площа посівних ділянок – 40 м^2 , облікових – 25 м^2 . Для

визначення ККС листя використовували рефрактометр цифровий Atago PAL-Alpha. Повторність визначення – 10 разова.

Статистична обробка експериментальних даних виявила існування достовірних обернених кореляційних залежностей між ККС листя і вологістю ґрунту для основних фаз розвитку рослин (рис. 6.1).



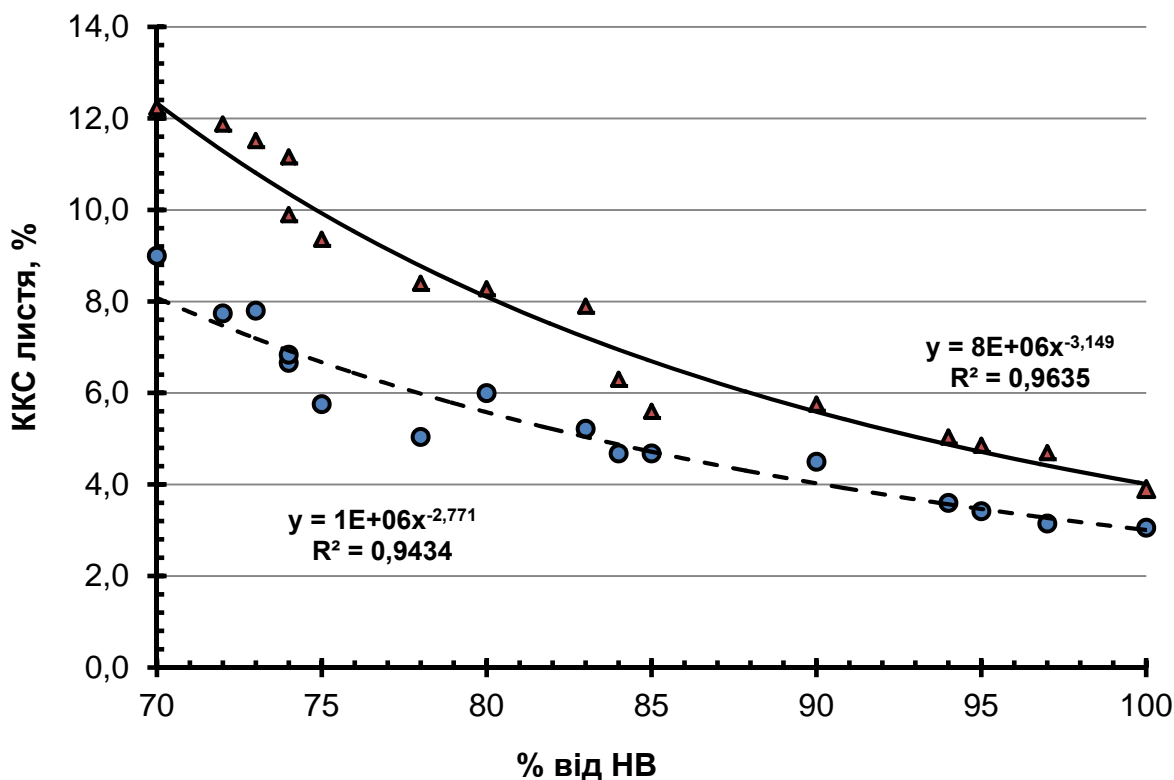
--- – у 1-й період вегетації (сходи – бутонізація);

— – у 2-й період вегетації (цвітіння – досягання).

Рис. 6.1. Залежності «ККС листя – вологість ґрунту» для основних фаз розвитку картоплі (шар ґрунту – 0-40 см)

Так встановлено, що концентрація клітинного соку листя рослин зростає зі зниженням вологості кореневого шару ґрунту. За усередненими даними, за об'ємної вологості ґрунту 15,6 % (60 % від НВ ґрунту) ККС листя рослин буряка на 4,85 %, а картоплі – на 1,90 % вища, ніж за вологості 23,4 % (або 90 % від НВ ґрунту).

За об'ємної вологості ґрунту 18,3 % (70 % від НВ ґрунту) ККС листя рослин томата на 6,15 % вища, ніж за вологості 23,5 % (90 % від НВ ґрунту) (рис. 6.2).



--- – 1-й період вегетації (садіння розсади – цвітіння);

— – 2-й період вегетації (цвітіння – дозрівання).

Рис.6.2. Залежності «ККС листя – вологість ґрунту» для основних фаз розвитку томата розсадного (шар ґрунту – 0-40 см)

За отриманими даними розраховано коефіцієнти кореляції r та помилку коефіцієнта кореляції (m_r). Встановлено наявність сильного ступеня зв'язку між показниками концентрації клітинного соку листя та рівнем передполивної вологості ґрунту за краплинного зрошення. Для картоплі коефіцієнт кореляції знаходився в межах від $r=-0,77\pm 0,11$ до $r=-0,87\pm 0,01$. Для томату, що вирощується розсадним способом, значення коефіцієнту кореляції варіювало від $r=-0,72\pm 0,05$ до $r=-0,85\pm 0,04$. Всі розраховані показники були достовірними на рівні значимості 0,05.

Методами математичної статистики обраховано коефіцієнт k , ввівши який у рівняння отримуємо відповідне значення ККС листя рослин за різних рівнів передполивної вологості ґрунту (табл. 6.11).

Таблиця 6.11

**Значення ККС листя просапних культур залежно від
об'ємної вологості середньосуглинкового ґрунту та РПВГ**

Фаза розвитку	k	CSC листя залежно від РПВГ						
		60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%
<i>Картопля (шар 0-40 см)</i>								
сходи – бутонізація	72	4,6	4,3	4,0	3,7	3,5	3,3	3,1
цвітіння – досягання бульб	105	6,7	6,2	5,7	5,4	5,0	4,7	4,4
середні значення	89	5,65	5,25	4,85	4,55	4,25	4,00	3,75
<i>Томат розсадний (шар 0-40 см)</i>								
садіння розсади – цвітіння	69	–	–	9,0	6,3	5,8	4,5	4,0
цвітіння – дозрівання плодів	95	–	–	12,2	10,0	8,1	6,4	5,8
середні значення	83	–	–	10,6 0	8,15	6,95	5,45	4,90

З метою встановлення зв'язку між концентрацією клітинного соку листя рослин та часом доби заміри проводили по годинно з 07:00 до 21:00. Спостереження показали, що найнижчі значення ККС відмічено в 07:00, а найвищі – між 13:00 та 15:00. Встановлена динаміка залежала від температури і вологості приземних шарів повітря і не залежала від виду культури і фази її розвитку (табл. 6.12).

Найбільш високу кореляцію між ККС та вологістю ґрунту зафіксовано у вранішні години: з 07:00 до 09:00, а далі, протягом дня, вона мала тенденцію до зниження. Тому, враховуючи це, заміри показників CSC необхідно проводити вранці, в один і той самий час.

Таблиця 6.12.

**Динаміка концентрації клітинного соку листа просапних культур
протягом світлового дня (варіант з РПВГ 80% від НВ)***

Культура	Час доби, год. / CSC листа, %							
	07:00	09:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00
<i>Буряк цукровий</i>	11,2	11,6	12,0	12,8	13,0	12,5	12,1	11,9
<i>Картопля</i>	3,5	3,7	3,8	4,2	4,6	4,2	4,1	3,8
<i>Томат розсадний</i>	5,6	5,9	6,1	6,7	7,4	6,7	6,6	6,1

*Примітка. Параметри CSC приведено до температури +18⁰С.

Визначення ККС у різних частинах листка показали, що найнижчі показники характерні для черешка, а найвищі – у пробах, взятих із кінчика листка. Така залежність була характерна для всіх просапних культур, незалежно від фази їх розвитку. Зміна величини ККС листа залежно від ярусу розташування листків не мала чітких закономірностей. Тому для найбільш достовірного визначення ККС необхідно відбирати пробу із середньої частини листка одного і того ж ярусу.

Співставлення результатів наших досліджень з результатами інших вчених, показало як однакові, так і різні висновки. Ми підтвердили встановлену раніше загальну закономірність зростання ККС листа на фоні зниження вологозапасів ґрунту. Проте безпосередньо визначені нами параметри ККС листа буряка цукрового, картоплі, томата різняться від отриманих раніше. Ці відмінності ми відносимо до різних ґрунтових, кліматичних умов, а також сортових особливостей культур.

Отримання максимального ефекту від зрошення залежить від вибору часу початку поливу. Проектний режим зрошення лише наближено визначає строки проведення вегетаційних поливів. Безпосередньо час кожного вегетаційного поливу встановлюють з урахування фактичних вологозапасів у ґрунті, погодних умов, фази розвитку культури тощо [408].

Методи призначення строків вегетаційних поливів, що базуються на вологозапасах ґрунту, водному балансі ґрунту і фізіологічному стані рослин мають деяку неточність. Враховуючи цю обставину, рада експертів при FAO рекомендувала затвердити розрахунковий комбінований метод «Penman-Monteith» у якості стандарту для розрахунку еталонної евапотранспірації (ET_0) та призначення на цій основі строків і норм поливу [235].

Розрахункове рівняння методу «Penman-Monteith» виведено із рівняння енергетичного балансу поверхні ґрунту, а залежність ET_c (евапотранспірація сільськогосподарської культури) від ET_0 відображає коефіцієнт культури K_c [239]. Оскільки значення $K_c(FAO)$ є типовими величинами для стандартних кліматичних умов [468], які визначено як субгумідний клімат, виникає необхідність оцінки цієї моделі для умов Степу України, клімат якого більш є більш сухішим.

Дослідження проведено в 2017, 2018 та 2019 роках на сортах сої Таврія (пізньостиглий – 130 днів вегетації) та Оксана (середньостиглий – 110 днів вегетації). Спосіб поливу – дощування за допомогою ДМ «Фрегат». Для фіксування метеорологічних параметрів використано цифрову інтернет-метеостанцію iMetos®, яка знаходилась безпосередньо на дослідній ділянці. Еталонну евапотранспірацію ET_0 визначали за допомогою програми CropWat 8.0. Фактичну евапотранспірацію ET_c визначали за допомогою мультисенсорного зонду AquaSpray CTG-02, який було обладнано сенсорами вологості ґрунту розташованими на різних глибинах ґрунтового профілю.

Виміри рослин проводились в чотириразовій повторності у межах визначених експериментальних ділянок площею 25 м^2 . Статистичну оцінку отриманих результатів виконували за допомогою аналізу дисперсії (ANOVA).

Фактичний коефіцієнт культури K_c визначали як відношення фактичної евапотранспірації ET_c до еталонної евапотранспірації ET_0 :

$$Kc = ETc/ETo, \quad (6.2)$$

де ETc – фактична евапотранспірація, мм,

ETo – еталонна евапотранспірація, мм.

Враховуючи, що коефіцієнт культури Kc залежить від фази розвитку культури [468], вегетаційний період сої було розділено на три умовні частини: початкову («сходи – початок цвітіння»), серединну («початок цвітіння – налив бобів») та прикінцеву («налив бобів – повна стиглість»).

За роки досліджень, залежно від метеорологічних умов вегетаційного періоду сої було проведено від 10 до 13 вегетаційних поливів нормою зрошення 405-585 мм. Середньозважена кількість продуктивних опадів за роки досліджень була на рівні 132 мм.

Розрахунок параметрів евапотранспірації, показав, що залежно від групи стиглості сої евапотранспірація ETc становила від 588,1 до 677,7 мм, а $ETc(FAO)$ – від 535,3 до 627,2 мм. Таким чином, розбіжність між розрахунками $ETc/ETc(FAO)$ в цілому за вегетацію сортів сої становила 7,5-9,0 %. Відношення ETc до $ETc(FAO)$ згідно формули (1), характеризується коефіцієнтом культури – Kc і $Kc(FAO)$ відповідно (табл. 6.13).

Таблиця 6.13

. Коефіцієнти культури Kc і $Kc(FAO)$ і для сої різних груп стиглості

Дата	Соя – сорт Оксана		Дата	Соя – сорт Таврія	
	Kc	$Kc(FAO)$		Kc	$Kc(FAO)$
01.05 – 08.06	0,35-1,20	0,50-1,15	01.05-08.06	0,35-1,30	0,50-1,15
09.06 – 23.07	1,20	1,15	09.06 – 02.08	1,30	1,15
24.07 – 23.08	1,20-0,35	1,15-0,50	03.08 – 12.09	1,30-0,45	1,15-0,50
01.05 – 23.08	1,20	1,15	01.05 – 23.08	1,30	1,15

Таким чином, експериментально встановлено доцільність призначення поливів буряка цукрового за величини ККС його листя у першій половині вегетації 10,5 %, у другій – 11,3 %, картоплі за величини 3,5 % і 5,0 %, а томата розсадного 5,8 % – 8,1 % відповідно. Для визначення ККС необхідно відбирати проби із середньої частини розвинутого листка одного і того ж ярусу вранці, в один і той час, повторність визначення – не менше п'яти проб.

Розраховано коефіцієнти культури K_c сої для сортів різних груп стиглості з урахуванням місцевих кліматичних умов зони Степу. Підтверджено можливість для визначення фактичної евапотранспірації ET_c і оперативного управління режимом зрошення сої на цій основі використовувати метод «Penman-Monteith» з урахуванням скорегованих значень коефіцієнтів культури сої K_c .

6.3 Економічна ефективність систем захисту сільськогосподарських культур за зрошення

Як показали наші дослідження, найбільш ефективною з точки зору технічної ефективності пестицидів є комбінована система їх внесення, за якої частина обробок інсектицидами або фунгіцидами проводиться методом пестигації, тобто разом з поливною водою, а частина обробок хімічними препаратами здійснюється протягом вегетації традиційними методами внесення (наземне обприскування посівів за допомогою обприскувача). Проведення обробок методом обприскування дає можливість в стислі строки підбирати строки внесення пестицидів. Особливо важливим це є у випадках, коли потрібно профілактичне їх застосування, обробка проти цільових об'єктів, проти яких внесення пестицидів з поливною водою є менш ефективним, або ж фітосанітарна ситуація на конкретному полі потребує негайного реагування.

При цьому збережений врожай в порівнянні з контролем був на 1,8-3,4% більше за традиційну технологію внесення засобів захисту рослин та на 3,4-9,3% перевищував показник, одержаний на варіантах, де препарати вносилися методом пестигації.

В 2019 р. проведено виробничу перевірку систем захисту сільськогосподарських культур від комплексу шкідників та хвороб на зрошенні. Дослідження проводили в ДП «ДГ «Брилівське» ІВПіМ НААН (Херсонська область) на загальній площі 18 га.

Дослідження проводили на трьох культурах: кукурудзі, сої та томатах розсадних.

На кукурудзі дослідження проводили на гібриді ДКС 5276 (ФАО 460, високоінтенсивний гібрид для умов зрошення. Схема посіву 70+70 x 15 см, густота рослин – 95,24 тис.рослин./га. Посів на дослідних ділянках проводили у другій декаді квітня. Перші сходи було відмічено на 7-8-й день. Попередник посівів жито озиме на дощуванні, N₈₀P₇₀K₅₅.

Основне внесення добрив проведено навесні перед посівом N₆₅P₆₅K₆₅, підкормки періодично з поливною водою (фертигація) протягом вегетаційного періоду – N₁₈₅P₇₀K₁₂₅.

Зрошення ділянок проводилось крапельним способом поливу, рівень передполивної вологості – 85-90 % від найменшої вологоємності кореневмісного шару ґрунту. Укладка крапельної стрічки – через 1 міжряддя на глибину 3 см. Всього за вегетаційний період кукурудзи було проведено 29 вегетаційних поливів нормою від 135 до 165 м³/га (зрошувальна норма = 4400 м³/га). Призначення строків вегетаційних поливів проводилось тензометричним методом.

Обліки чисельності кукурудзяного стеблового метелика, проведені в першій декаді червня, показали наявність перших особин шкідника на листках. Їх чисельність перед проведенням першої обробки становила 2,2 екз./рослину. Другу обробку проводили через 14 днів. Використовували

інсектицид Борей, КС на основі діючих речовин імідаклопрід, 150 г/л + лямбда - цигалотрин, 50 г/л. Норма витрати – 0,14 л/га.

Перед збиранням врожаю пошкодженість рослин стебловим кукурудзяним метеликом на контролі становила 35,6%. Застосування інсектицидів за всіх досліджених систем показало високий рівень ефективності. Так, за традиційної системи уражено було лише 3,1% рослин, за пестигації 5,3%, а за комбінованої системи - 2,8%. Тобто за рівнем пошкодження рослин кукурудзяним стебловим метеликом істотної різниці між традиційною та комбінованою системами не спостерігалось. Відповідно, технічна ефективність за традиційного внесення становила 91,3%, за пестигації – 85,1%, за комбінованої системи – 92,1%.

Внесення фунгіцидів проводили на 16-18 та 39-42 етапах за шкалою ВВСН. Застосовували комбінований препарат на основі діючих речовин піраклостробін, 62,5 г / л + епоксіконазол, 62,5 г / л – Абакус, мк.с. з нормою витрати 1,75 л/га.

Першу обробку здійснювали за наявності на листі перших симптомів ураження північним гельмінтоспоріозом (розвиток хвороби 2,5% за поширення 12,3%). Перед другою обробкою, крім гельмінтоспоріозу, спостерігалось ураження іржею та фузаріозом.

На 7-й день після другої обробки технічна ефективність проти північного гельмінтоспоріозу становила 83,6-87,1%. Розвиток іржі знижувався на 94,0-97,6%. Проти фузаріозу технічна ефективність була на рівні 86,0-91,9%.

Застосування досліджуваних систем захисту дозволило зберегти врожай зерна кукурудзи в розмірі 3,71 т/га за традиційної системи, 3,42 т/га – за пестигації та 3,93 т/га – за комбінованої системи.

Розрахунки показників, що характеризують економічну ефективність розробленої комбінованої системи захисту кукурудзи проти комплексів шкідників та хвороб, показали, що вона є економічно вигідною. Так,

прибуток становив 12019,64 грн./га, що перевищувало на 1445,64 грн./га показник, розрахований для традиційної системи і на 1294,01 грн./га – для системи, де застосовували пестигацію (табл. 6.14). Рентабельність комбінованої системи становила 412,4%.

Таблиця 6.14

Економічна ефективність систем захисту кукурудзи за зрошення (Херсонська обл., 2019 р.)

Показник	Контроль	Традиційна	Пестигація	Комбінована
Урожайність, т/га	13,82	17,53	17,24	17,75
Збережений врожай, т/га	-	3,71	3,42	3,93
Вартість одержаного врожаю, грн./га	52516	66614	65512	67450
Вартість додаткового врожаю, грн./га	-	14098	12996	14934
Витрати на проведення захисних заходів, грн./га	-	3524	2270,37	2914,36
Прибуток, грн./га	-	10574	10725,63	12019,64
Рентабельність, %	-	300,1	472,4	412,4

Дослідження ефективності систем захисту посівів сої проводились на сорті Оксана. Схема посіву на дослідних ділянках 15+15 x 11 см, густина рослин – 605-610 тис. шт./га. Посів проводили у третій декаді квітня. Попередник кукурудза на крапельному зрошенні, N₂₀₀P₁₀₀K₁₂₀.

Добрива вносили одночасно з посівом – локальне внесення нітроамофоски 17:17:17 – 265 кг/га (N₄₅P₄₅K₄₅). Протягом вегетаційного періоду – підживлення з поливною водою методом фертигації – N₈₀P₃₅K₃₅, + дворазове позакореневе підживлення «Plantafol» 20:20:20 – 1,5 + 1,5 кг/га.

Зрошення ділянок проводилось крапельним способом поливу, рівень передполивної вологості – 90-80% від найменшої вологоємності кореневмісного шару ґрунту (шар – 0-30 см; 0-40 см – по фазам розвитку рослин). Укладка крапельної стрічки – через 3 міжряддя на глибину 2-3 см. Всього за вегетаційний період сої було проведено 35 вегетаційних поливів нормою від 120 до 140 м³/га (зрошувальна норма = 4650 м³/га). Призначення строків вегетаційних поливів проводилось тензометричним методом.

Протягом вегетаційного періоду 2019 року із шкідників на сої спостерігали пошкодження акацієвою вогнівкою та тютюновим трипсом.

Внесення інсектицидів проводили на 51-53 та 60-61 етапах за шкалою ВВСН. Використовували інсектицид Альфазол SL, РК (діюча речовина – імідаклопрід, 200 г/л). Норма витрати – 0,25 л/га.

Перший облік чисельності шкідників, проведений перед першою обробкою виявив наявність на листі імаго та личинок тютюнового трипса. Щільність популяції становила 4,6 особин/10 рослин. Перед другою обробкою в контролі чисельність цього шкідника зросла до 8,7 особин/10 рослин.

Перед збиранням врожаю щільність популяції тютюнового трипса на контролі досягла 22,8 особин./10 рослин, акацієвої вогнівки - 8,3 особин./10 рослин.

Технічна ефективність інсектициду проти акацієвої вогнівки в кінці вегетації залишалась була на високому рівні і становила за традиційного внесення 94,0%. За комбінованої системи чисельність даного шкідника істотно не відрізнялась від традиційної й технічна ефективність на цьому варіанті була на рівні 92,8%. За внесення інсектициду методом пестигації зниження щільності популяції шкідника було на рівні 85,5%.

Проти тютюнового трипса технічна ефективність на всіх трьох досліджуваних системах була практично на одному рівні і становила 92,1-

94,3%.

Із хвороб на сої в 2019 році спостерігали ураження септоріозом та антракнозом.

Внесення фунгіцидів проводили на 51-53 та 60-61 етапах за шкалою ВВСН. Використовували фунгіцид – Кустодія, КС (діюча речовина – азоксістробін 120 г/л + тебуконазол 200 г/л) з нормою витрати 1,0 л/га.

При проведенні першої обробки на листі спостерігалось ураження септоріозом за розвитку хвороби 4,6% та поширення 18,5%. Перед другою обробкою розвиток хвороби в контролі зріс до 29,5%. Також з'явилися симптоми антракнозу – розвиток хвороби був на рівні 17,4%.

На 7-й день після другої обробки розвиток септоріозу в контролі досягав 34,8%, антракнозу – 26,4%. Технічна ефективність проти хвороб сої за традиційної системи була на рівні 73,0-79,2%, за пестигації – 63,6-66,7%, а за комбінованого внесення – 81,9-83,3%.

Застосування досліджуваних систем захисту дозволило зберегти врожай сої в розмірі 1,08 т/га за традиційної системи, 0,77 т/га – за пестигації та 1,22 т/га – за комбінованої системи.

Розрахунки показників, що характеризують економічну ефективність розробленої комбінованої системи захисту сої проти комплексів шкідників та хвороб, показали, що вона є економічно вигідною. Прибуток від її застосування становив 7019,35 грн./га, що перевищувало на 1734,3 грн./га показник, розрахований для традиційної системи і на 2961,68 грн./га – для системи, де застосовували пестигацію (табл. 6.15). Рентабельність комбінованої системи становила 245,2%.

Дослідження ефективності систем захисту посівів томатів від комплексу хвороб та шкідників проводили на рослинах гібриду Лампо F1.. Схема садіння рослин томатів 152+152 x 20 см, густина рослин – 32,89 тис. шт./га. Попередник пшениця озима на дощуванні, N₉₀P₇₀K₆₀.

Таблиця 6.15

**Економічна ефективність систем захисту сої за зрошення
(Херсонська обл., 2019 р.)**

Показник	Контроль	Традиційна	Пестигація	Комбінована
Урожайність, т/га	4,62	5,70	5,39	5,84
Збережений врожай, т/га	-	1,08	0,77	1,22
Вартість одержаного врожаю, грн./га	37422	46170	43659	50808
Вартість додаткового врожаю, грн./га	-	8748	6237	9882
Витрати на проведення захисних заходів, грн./га	-	3462,95	2179,33	2862,65
Прибуток, грн./га	-	5285,05	4057,67	7019,35
Рентабельність, %	-	152,6	186,2	245,2

Основне внесення добрив проводилось навесні перед висадкою розсади в зону рядків в вигляді тукосуміші – $N_{80}P_{90}K_{60}$, підживлення з поливною водою (фертигація) протягом вегетаційного періоду – $N_{180}P_{60}K_{140}$.

Зрошення ділянок проводилось краплинним способом поливу, рівень передполивної вологості – 80-90-75 % від найменшої вологоємності кореневмісного шару ґрунту (0,20 – 0,30 – 0,35 м по фазам розвитку рослин). Всього за вегетаційний період томата було проведено 36 вегетаційних поливів нормою от 80 до 130 м³/га (зрошувальна норма = 3700 м³/га). Призначення строків вегетаційних поливів проводилось тензометричним методом.

Внесення інсектицидів проводили на 19-23 та 51-53 етапах за шкалою ВВСН. Використовували інсектицид Актара 25 WG, в. г. (діюча речовина – тіаметоксам, 250 г/кг). Норма витрати – 0,09 кг/га.

В умовах вегетаційного сезону 2019 року з шкідників в посівах томатів

були присутні колорадський жук та попелиці (зелена та баштанна).

Технічна ефективність проти личинок колорадського жука під кінець вегетації була на рівні 90,5-95,8%. При цьому вищі значення відмічені для комбінованої системи захисту.

Проти зеленої та баштаної попелиць технічна ефективність інсектициду біла на рівні 86,0-95,6%. Як і щодо колорадського жука, вищий рівень ефективності спостерігався за комбінованого внесення препарату.

Внесення фунгіцидів здійснювали починаючи з 19-23 етапу. Обробки повторювали через 14 днів. Всього проведено 4 обробки. Застосовували препарати Квадріс 250 SC, к. с. (діюча речовина – азоксистробін, 250 г/л) з нормою витрати 0,6 л/га та комбінований фунгіциди Кабріо топ, в.г. (діюча речовина піраклостробін, 50 г/кг + метирам, 550 г/кг) з нормою витрати 2,0 кг/га. При плануванні обробок передбачали їх чергування: для першої та третьої використовували Кабріо топ, в.г., для другої та четвертої – Квадріс 250 SC, к.с.

Обліки проведені перед першою обробкою фунгіцидами виявили появу перших симптомів альтернаріозу на листі. Ураження фітофторозом проявилось дещо пізніше. На 7-й день після останньої обробки розвиток хвороб в контролі становив: альтернаріозу – 39,4%, фітофторозу 32,6%. Технічна ефективність фунгіцидного захисту за традиційної системи становила 71,6-76,7%. За внесення препаратів методом пестигації розвиток фітофторозу знижувався на 71,2%, а альтернаріозу – на 65,7% порівняно з контролем. Комбінована система дозволила досягти найбільш високого рівня захисту культури від комплексу хвороб листя – 74,1-79,1%.

На основі результатів, одержаних при проведенні виробничої перевірки, здійснено розрахунки економічних показників, щодо трьох досліджених систем захисту томатів проти комплексів шкідників та хвороб.

Прибуток від їх застосування становив від 48851,35 грн./га (пестигація)

до 58595,76 грн./га (комбінована система). Рентабельність комбінованої системи становила 511,6% (табл. 6.16). Тобто розраховані економічні показники демонструють, що комбінована система захисту є економічно вигідною.

Таблиця 6.16

Економічна ефективність систем захисту томатів за зрошення (Херсонська обл., 2019 р.)

Показник	Контроль	Традиційна	Пестигація	Комбінована
Урожайність, т/га	65,2	86,03	84,98	88,55
Збережений врожай, т/га	-	20,83	19,78	23,35
Вартість одержаного врожаю, грн./га	195600	258090	254940	265650
Вартість додаткового врожаю, грн./га	-	62490	59340	70050
Витрати на проведення захисних заходів, грн./га	-	12359,12	10488,65	11454,24
Прибуток, грн./га	-	50130,88	48851,35	58595,76
Рентабельність, %	-	405,6	465,8	511,6

Таким чином, виробнича перевірка, проведена в 2019 році на посівах кукурудзи, сої та томатів, показала, що застосування комбінованої системи внесення інсектицидів та фунгіцидів забезпечує вищий рівень збереженого врожаю порівняно з традиційною та пестигацією на всіх досліджуваних культурах. Прибуток від її застосування знаходиться в межах від 7019,35 грн./га до 58595,76 грн./га залежно від культури. Значна різниця у рівні одержаного завдяки застосуванню заходів захисту прибутку може пояснюватись відмінностями у комплексах шкідливих організмів, різними рівнями їх шкідливості.

Висновки до розділу 6

Таким чином, розроблені технології застосування пестицидів на посівах кукурудзи, томатів та сої передбачають застосування пестицидів разом з поливною водою та додаткову обробку хімічними препаратами протягом вегетації традиційними методами внесення.

Виробнича перевірка показала позитивні результати як з технічної, так і господарсько-економічної ефективності розробленої комбінованої системи захисту. Прибуток від її застосування залежно від культури склав 7019,35-58595,76 грн./га.

Викладені в розділі 6 матеріали опубліковано в:

статтях у виданнях, занесених до WoS Core Collection:

Shatkovskiy A. P., Romashchenko M. I., Vasyuta V.V., Zhuravlov O.V., **Melnychuk F.S.**, Cherevychnyi Yu.O., Shatkovska K.B., Yarosh H.V. Measurement of the cell sap concentration of plant's leaves for irrigation's scheduling. *Modern Phytomorphology*. 2019. V.13. P. 54–57.

Shatkovskiy A.P., Romashchenko M.I., Zhuravlov O.V., Vasyuta V.V., **Melnychuk F.S.**, Ovchatov I.M., Yarosh A.V., Semenko L.O. Evaluation of the «Penman-Monteith» model for determination of soybeans' evapotranspiration in irrigated conditions of the Steppe of Ukraine. *Modern Phytomorphology*. 2020. V.14. P. 115-118.

статтях у наукових фахових виданнях України

Мельничук Ф.С., Марченко О.А., Черевичний Ю. Особливості захисту овочевих культур в умовах зрошення. *Наукові горизонти*. 2020. №12. С. 36-45.

методичних рекомендаціях:

Мельничук Ф., Марченко О., Купедінова Р., Мельничук Л., Ничипорук О., Ретьман М. Рекомендації з технології застосування

пестицидів на просапних культурах в умовах краплинного зрошення. К., 2018. 36 с.

Ромашенко М.І., Корюненко В.М., Матвієць О.Г., Сніговий В.С., Копестиренський Й.К., Яцюк З.Ф., Удовенко В.В., Каленіков А.Т., Безрук В.В., Жбанов В.В., Шатковський А.П., Рябков С.В., Усатий С.В., Яцюк В.С., Ромашенко Д.М., Плотникова Т.А., Дячок О.В., Дудинець Ф.Н., Сич З.Д., Хареба В.В., Мацейко Л.М., Кутовенко В.Б., Гунько С.М., Вітанов О.Д., Ящук А.І., Хареба О.В., Лимар В.А., Лимар А.О., Писаренко В.А., Бугаєва І.П., **Мельничук Ф.С.**, Балюк С.А., Башинський В.Л. Технології вирощування овочевих культур при краплинному зрошенні в умовах України (рекомендації). К., ІГіМ УААН., 2006.126 с.

ВИСНОВКИ

У дисертаційному дослідженні теоретично та практично обґрунтовано вплив різних способів зрошення на формування ентомокомплексів та фітопатогенів основних сільськогосподарських культур, досліджено токсичну дію пестицидів, встановлено ефективність різних способів застосування інсектицидів та фунгіцидів. Розв'язано актуальну проблему – розроблено систему захисту основних сільськогосподарських культур від комплексу шкідників і хвороб в умовах зрошення.

1. Діючі речовини неонікотинідових інсектицидів (тіаметоксам, тіаклоприд та клотіанідин) справляли різновекторний вплив на тест-об'єкти земляних черв'яків та *Daphnia magna*. Виходячи з одержаних значень ЛК₅₀ (> 1000 мг/кг), тіаметоксам не токсичний для *Eisenia fetida* і не класифікується за класом небезпеки. Тіаклоприд слаботоксичний (ЛК₅₀ = 112,58 мг/кг) і відноситься до 3 класу небезпеки. Клотіанідин є середньотоксичним (ЛК₅₀ = 11,73 мг/кг) і відноситься до 2 класу небезпеки. Щодо *D. magna* серед досліджуваних препаратів найтоксичнішим був тіаклоприд (ЕС₅₀ = 5-13,5 мкг/100 мл), низьку токсичність проявив клотіанідин (ЕС₅₀ > 340 мкг / 100 мл). Із фунгіцидів групи стробілуринів по відношенню до *Daphnia magna* піраклостробін може бути охарактеризований як високо токсичний (0,5 < ЛК₅₀ < 5,0 мг/л), а азокситробін – як середньотоксичний (5,0 < ЛК₅₀ < 50,0 мг/л).

2. Група фосфатмобілізуєчих бактерій збільшувала свою чисельність під дією тіаметоксаму, тіаклоприду та клотіанідину. Найбільше пригнічувався ріст популяцій мікроорганізмів, які відносяться до міксоміцетів, що виявились високо чутливими до дії неонікотинідових в умовах зрошення.

3. Протруйники на основі діючих речовин каптан, 350 г/л + карбендазим, 150 г/л, флудіоксоніл, 25 г/л + металаксил-М, 10 г/л та

флутріафол, 37,5 г/л + тіабендазол, 25 г/л + імазаліл, 15 г/л пригнічували проліферативну активність меристематичних клітин, що призводило до затримки ростових процесів у паростках сої. Після протруювання препаратом піраклостробін, 200 г/л спостерігалось збільшення мітотичного індексу в апікальних меристемах паростків сої на 7,3%.

4. Зрошення призводить до трансформації структури комплексу личинок коваликів, а саме домінування видів *Agriotes sputator* L. і *Agriotes obscurus* L., які віддають перевагу зволоженим ґрунтам, тоді як у незрошуваних умовах найбільша частка в комплексі належить *Agriotes gurgistanus* Fald., *Agrypnus murinus* L.

5. В умовах Степу появу совки озимої спостерігали у III декаді травня – II декаді червня. Зрошення дощуванням є вагомим чинником в обмеженні чисельності фітофага. Гусениці совок молодших поколінь L₁-L₂ є більш уразливими до впливу зрошення в посівах кукурудзи. За дощування максимально знижується чисельність яєць совки озимої. Зниження чисельності шкідника у відношенні до умов без зрошення складало 6,8-67,7%.

6. У зоні Лісостепу стебловий кукурудзяний метелик пошкоджує 24,0-46,0 % рослин і 16,0-32,0 % качанів кукурудзи. За погодних умов 2014-2016 рр. ураженість качанів кукурудзи фузаріозом становила 14,8-21,3 %. Інтенсивний літ стеблового кукурудзяного метелика зафіксовано у II декаді червня, 75 % – спостерігалось у I декаді липня. Пошкодженість рослин у цей період складала в середньому 37,1%, а качанів – 26,6%. Масовому розмноженню шкідника сприяла значна кількість опадів, тоді як за посушливих умов чисельність була низькою.

7. Зрошувані умови впливають на збільшення чисельності личинок клопа-черепашки, попелиць та личинок трипсів. Видовий склад фітофагів зрошуваних посівів пшениці озимої ідентичний видовому складу за

відсутності зрошення, проте кількісне співвідношення видів істотно відрізняється.

8. В умовах Лісостепу використання інсектицидів одночасно з краплинним зрошенням забезпечувало технічну ефективність проти личинок коваликів на рівні 80-97,1%. Рослини кукурудзи під час подальшого росту та розвитку продовжували всмоктувати інсектицид із ґрунтового розчину, що пролонгувало тривалість токсичної дії препаратів. Внесення кількох-компонентних інсектицидів, зокрема Воліам Флексі 300 SC, КС, Ампліго 150 ZC ФК та Енжіо, 247 SC, к.с., за максимальних норм їх витрати дало змогу одержати густоту стояння рослин на 18,3-23,9%, а врожайність зерна на 2,0-2,4 т/га вищу, порівняно з контролем.

9. Використання інсектицидів одночасно з краплинним зрошенням за рахунок локального їх внесення в умовах Степу забезпечує високу ефективність проти личинок колорадського жука, крім того, продовжує тривалість токсичної дії препаратів, порівняно із способом обприскування.

10. Застосування інсектицидів Актара 240 SC, к.с., Карате Зеон 050 CS, мк.с., Воліам Флексі 300 SC, КС із краплинним поливом забезпечує високий рівень захисту рослин капусти (технічна ефективність 84,8-96,8%) від основних шкідників. Такий спосіб внесення інсектицидів також має пролонговану захисну дію, яка триває 40-55 днів, що на 10-25 днів перевищує класичне внесення препаратів способом обприскування.

11. Інсектициди з групи неонікотиноїдів були високоефективними проти сисних шкідників пшениці озимої впродовж 2 тижнів. Максимальну технічну ефективність проти них складала 99,7-100,0%, у варіанті із застосуванням інсектициду Енжіо 24,7 % к.с. Дещо нижчу ефективність проявляли Актара, 240 SC (97,9-99,2 %) та Протеус 110 ОД (97,4-99,4 %).

12. Застосування на сої та кукурудзі, фунгіцидів із груп стробілуринів та триазолів одночасно зі зрошенням забезпечувало захист від хвороб листя на рівні 83-94%, на томатах – до 62%.

13. Застосування пестицидів через систему краплинного зрошення є перспективним напрямом в захисті рослин і може успішно використовуватися для захисту посівів. Перевагою таких систем є змога оперативного застосування пестицидів незалежно від погодних умов. За результатами отриманих даних розроблені технології застосування пестицидів на посівах кукурудзи, томатів та сої, які передбачають внесення їх разом з поливною водою та обробку хімічними препаратами протягом вегетації класичним методом обприскування. Прибуток від застосування такої системи склав від 7019,35 до 58595,76 грн./га залежно від виду культури.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. В умовах зрошення застосування фунгіциду є обов'язковим у зв'язку з підвищеною інтенсивністю ураження хворобами рослин соняшнику. Протягом вегетації слід приділяти особливу увагу їх моніторингу з метою запобігання епіфітотійного розвитку. За зрошення сої, кукурудзи і томатів для захисту від листових хвороб ефективним є застосування фунгіцидів груп стробілуринів та триазолів.

2. Відмінності у структурі комплексу фітофагів пшениці озимої за зрошення впливають на заходи захисту проти клопа шкідлива черепашка, попелиці та трипсів. Заходи з контролю чисельності личинок клопа шкідливої черепашки за зрошення проводити на 10–14 днів пізніше, ніж у незрошуваних умовах.

3. Для захисту посівів кукурудзи проти личинок коваликів економічно доцільно застосовувати інсектициди Воліам Флексі 300 SC, КС (1,0 л/га), Ампліго 150 ZC ФК (1,2 л/га) та Енжіо, 247 SC, к.с. (0,3 л/га) одночасно з краплинним зрошенням.

4. Для захисту капусти від основних шкідників застосовувати інсектициди Актара 240 SC, к.с., Карате Зеон 050 CS, мк.с., Воліам Флексі 300 SC, КС у поєднанні з краплинним зрошенням.

5. Для захисту томатів від шкідників застосовувати Конфідор, 200 SL, РК, Моспілан, ЗП, Каліпсо, 480 SC, КС, і Воліам Флексі 300 SC, КС методом краплинного зрошення.

6. Для захисту посівів кукурудзи, томатів та сої від комплексу шкідників та хвороб застосовувати комбіновану систему захисту, яка передбачає поєднання внесення пестицидів разом із поливною водою та додаткову обробку хімічними препаратами протягом вегетації класичним способом обприскування, що дає можливість коригувати строки обробок залежно від фітосанітарної ситуації в посівах і забезпечує збереження врожаю у межах 3–4%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агрокліматичний довідник по території України (За редакцією: Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіді, А. Л. Прокопенка). Кам'янець-Подільський: ПП Галагодза Р.С., 2011. 108 с.
2. Адаптація агротехнологій до змін клімату: ґрунтово-агрохімічні аспекти. За наук. ред. С. А. Балюка, В. В. Медведева, Б. С. Носка. Харків : 2018. 363 с.
3. Архипчук В.В. Экологические аспекты современных технологий охраны водной среды. К: Наукова думка, 2005. С.322-347.
4. Атраментова Л.А., Утевская О.М. Статистичні методи в біології. Горлівка: «Видавництво Ліхтар», 2008. 247 с.
5. Ахмедов А.Д. Агроэкологические основы энергосберегающей технологии полива сельскохозяйственных культур. Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: труды 4-й международной науч.-практ. конф. М., 2004. С. 157-162.
6. Базака Г. Я., Духницький В. Б. Загальна характеристика пестицидів групи неонікотиноїдів . Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького – 2013. Том 15, №1 (55), Частина 1. С. 3-9.
7. Башкин В.Н. Оценка риска при расчетах критических нагрузок на экосистемы. Тяжелые металлы в окружающей среде. Пущино: ОНТИ НББИ, 1997. С. 172–181.
8. Безель В.С. Популяционная экотоксикология млекопитающих/ В.С. Безель. М.: Наука. 1987. 129 с.
9. Безель В.С. Экологическая токсикология: популяционный и биоценотический аспекты. Екатеринбург: Изд-во «Гощицкий», 2006. 280 с.
10. Белкот В. Залежність щільності личинок коваликів від температури ґрунту. В кн.: Наукові основи виробництва цукрових буряків та інших культур бурякової сівоzmіни у сучасних економічних та екологічних умовах.

Книга 2. К.: ЩБ, 1998. С. 57-61.

11. Бобинская С.Г. Режим питания проволочников рода *Agriotes*. Труды ВНИИЗР. М.-Л.: Сельхозгиз. 1943. Вып. 2. С. 76-83.

12. Бордукова М.В. Определитель болезней и вредителей картофеля и меры борьбы с ними. М.: Колос, 1967. 224 с.

13. Бородай В.В. Поширення бактеріальних хвороб на корнеплодах моркви при зберігані. Фитопатогенные бактерии. Фитонцидология. Аллелопатия. Сб. статей участников Международной научной конф. К., 2005. С. 19-22.

14. Бресткина М.Д., Тушмалова Н.А., Данильченко О.П. Экспресс-метод определения токсичности водной среды по регенерации пресноводной гидры *Hydra attenuate*. Теоретические вопросы биотестирования. Волгоград, 1983. С.133-136.

15. Бругинский К.К., Маковский В.Н. Применение пестицидов и охрана окружающей среды. Киев: ВиТни, 1979. 207 с.

16. Бублик Л. І., Васечко Г.І., Васильев В.П. та ін. Довідник із захисту рослин (За ред. М.П. Лісового). К.: Урожай, 1999. 744 с.

17. Вагнер Ф. Техника полевых опытов. – М.: Колос, 1965. – 183 с.

18. Васильев В.П., Морозова Р.П., Кочергина Л.А. Практикум по аналитической химии. М.: Химия, 2000. 328 с.

19. Вдовенко Т.В. Фенология и вредоносность хлопковой совки на посевах кукурузы в условиях Предкавказья. Труды Ставропольского отделения Русского энтомологического общества. 2009. В.5. С. 190-197;

20. Вембер В. В., Дітяшова І. Г. Каталазна активність як індикаторна ознака чутливості тест-рослин до дії гербіцидів. XVIII Міжнар. наук.-практич. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених «Екологія. Людина. Суспільство» (Київ, 27–29 травня 2015 р.) . К. : НТУУ «КПІ», 2015. С. 22–23.

21. Верголяс М. Р. Альтернативный метод оценки качества питьевых вод при помощи биотестирования. Актуальные проблемы транспортной

медицины. 2016. № 4 (46). С. 159–167.

22. Верголяс М. Р. Визначення токсичної вплив гербіцидів на тест-організми у воді. Екологічні науки : наук.-практ. журнал. Київ : ДЕА, 2019. № 26. С. 84–87.

23. Вильямс В.Р. Общее земледелие с основами почвоведения. М.: Сельхозиздат, 1931. 376 с.

24. Вожегова Р.А. Науково-практичні аспекти оптимізації штучного зволоження в умовах півдня України. Зрошуване землеробство. Збірник наукових праць. 2014. Вип. 61. С. 3-5.

25. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю.О., Малярчук М.П. та ін. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Науково-методичне видання., 2014. 286 с.

26. Волошин О.С., Лиман П.Б., Дудар А.И. Продуктивная влага под озимой пшеницей в интенсивных севооборотах Северной Степи Украины. Степное земледелие: Респ. межвед. темат. науч. сб. К., 1986. Вып. 20. С. 9-13.

27. Воронцов В.В. Исследование влияния модельного загрязнения почвы пестицидами на дождевых червях в лабораторных условиях. Фундаментальные исследования. 2012. № 9 (Ч.1). С. 26-32.

28. Гандзюра В.П. Продуктивність біосистем за токсичного забруднення середовища важкими металами. Київ: ВГЛ “Обрії”, 2002. 248 с.

29. Гар К.А. Методы испытания токсичности и эффективности инсектицидов. М.: Издат-во с.-х. лит., журналов и плакатов, 1963. 288 с.

30. Гербициды и экологические аспекты их применения: Учебное пособие. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 152 с.

31. Герцюк М.Н. Химико-аналитические аспекты идентификации запрещенных и непригодных пестицидов. Сотрудничество для решения проблемы отходов. Х., 2004. С. 226-228.

32. Гиляров М.С. Особенности комплексов почвообитающих

насекомых основных почвенных зон Европейской части СССР. Четвертый съезд Всесоюзного энтомологического общества: Тезисы докладов. М.-Л.: Изд. Академии наук СССР, 1959. Т. 1. С. 38-40.

33. Гиляров М.С. Полевой метод оценки сравнительной привлекательности различных культур для живущих в почве вредителей. Защита растений, 1937. Вып. 15. С. 56-60.

34. Гиляров М.С. Почвенные вредители и обработка почвы. Защита растений. 1937. Вып. 14. С. 84-87.

35. Гиляров М.С. Факторы, определяющие вредоносность почвенных вредителей и их значение для культуры каучуконосов. Защита растений. 1937. Вып. 13. С. 41-53.

36. Гладюк М. М. Основи агрохімії. Хімія в сільському господарстві. К., Ірпінь: Перун, 2003. 288с.

37. Григор'єва Л. І., Томілін Ю. А.. Екологічна токсикологія та екотоксикологічний контроль. Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2015. 240 с.

38. Гринько А.В. Вредоносность личинок клопа вредной черепашки в условиях Приазовской зоны Ростовской области. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2007, № 34. С. 217-221.

39. Гурманчук О.В. Регулювання чисельності колорадського жука за використання біопрепарату Актофіт. Органічне виробництво і продовольча безпека. Зб. матеріалів доп. учасн. IV Міжнар. наук.-практ. конф. Житомир : О. О. Євенок, 2016. С. 205–208.

40. Даденко Е.В., Денисова Т.В., Казев К.Ш., Колесников С.И. Оценка применимости показателей ферментативной активности в биодиагностике и мониторинге почв. Поволжский экологический журнал. 2013. №4. С. 385-393.

41. Денисюк Д. Я. Почвенно-климатические условия зоны

деятельности Белоцерковской опытно-селекционной станции. Научные труды Белоцерковской опытно-селекционной станции: Сборник научных трудов. К.: Госсельхозиздат УССР, 1958. С. 13-40.

42. Державні санітарні правила і гігієнічні норми «Гігієнічна класифікація пестицидів за ступенем небезпечності» ДСП 8.8.1.2.002-98.

43. Добровольский Б. В. Вредные жуки. Ростов-на-Дону: Ростиздат, 1951. 456 с.

44. Довгань С.В., Фецин Д.М., Сядриста О.Б. Клоп черепашка. Заходи захисту посівів від клопа черепашки. Захист і карантин рослин. 2008. № 6. С.7-11.

45. Довідник з питань захисту овочевих і баштанних рослин від шкідників, хвороб та бур'янів (За ред. Г. І. Ярового). Х.: Плеяда, 2006. 328 с.

46. Долин В.Г. Изучение экологии проволочников и разработка мер борьбы с ними на Украине. Защита растений: Республиканский межведомственный тематический научный сборник. К.: Урожай, 1967. Вып.6. С. 41-51.

47. Долин В.Г. Личинки жуков-щелкунов (проволочники) Европейской части СССР. К.: Урожай, 1964. 208 с.

48. Долин В.Г. Личинки щелкунов рода *Melanotus* Esch. (Coleoptera, Elateridae) Европейской части СССР. Зоологический журнал. М.: Изд-во АН СССР, 1960. Т. 39, Вып. 7. С. 1032-1038.

49. Долин В.Г. Определитель личинок жуков-щелкунов фауны СССР. К.: Урожай, 1978. 128 с.

50. Долин В.Г. Проволочники. Защита растений. 1970. № 9. С. 27-29.

51. Долин В.Г. Семейство щелкунов – Elateridae. Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений. К.: Урожай, 1987. Т.1. С. 364-383.

52. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

53. Дрозда В.Ф. Грунтові шкідники. Шляхи регулювання чисельності та обмеження шкодочинності на посівах різних сільськогосподарських культур. Захист рослин. 2003. № 7. С. 19-22.

54. ДСТУ 4173-2003. Якість води. Визначення гострої токсичності хімічних речовин та води на *Daphnia magna* Strausi, *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (*Cladocera*, *Crustacea*). Київ: Держстандарт України, 2004.

55. ДСТУ 7387:2013 Якість води. Метод визначення цито- та генотоксичності води і водних розчинів на клітинах крові прісноводної риби Даніо реріо (*Brachydanio rerio* Hamilton-Buchanan).

56. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості.

57. ДСТУ ISO 11268-1:2003. Якість ґрунту вплив забрудників на земляних черв'яків (*Eisenia fetida*). Частина 1: Визначання гострої токсичності з використанням штучного субстрату ґрунту (ISO 11268-1:1993, idt)". 2003. 11 с.

58. Дубровін В. Основні шкідники зернових культур 2014 року та досвід боротьби з ними <https://www.syngenta.ua/news/zernovi/osnovni-shkidniki-zernovih-kultur-2014-roku-ta-dosvid-borotbi-z-nimi>.

59. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений /Под.ред. А.И. Ермакова. Л., 1987. 456 с.

60. Єрмолова Л. В., Лепьошкін І. В., Мудрий І. В. Токсиколого-гігієнічна оцінка асортименту нових неоникотиноїдних інсектицидів. Сучасні проблеми токсикології, харчової та хімічної безпеки. 2004. № 4. С. 5-7.

61. Жариков Г.А. Оценка интегральной токсичности почв биотестированием на дождевых червях. Агрехимия. 2005. № 7. С. 73-76.

62. Жданкин Ф.А. Проволочники на орошаемых землях Молдавии и меры борьбы с ними на овощных культурах: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.09 - энтомология; Молдавский ордена Трудового Красного Знамени научно-

исследовательский институт орошаемого земледелия и овощеводства (Тирасполь). Тирасполь, 1973. 124 с.

63. Жмур Н.С. Государственный и производственный контроль токсичности вод методами биотестирования в России. М.: Международный Дом Сотрудничества, 1997. 117 с.

64. Загальні етичні принципи експериментів на тваринах. Перший національний конгрес з біоетики, Київ, 2001 р. Ендокринологія. 2003. № 8 (1). С. 142–145.

65. Залоїло О.В. Екотоксикологічна оцінка пестицидів за впливом на індикаторні групи ґрунтових організмів. Автореф. дис. канд. біол. наук: 03.00.16 – екологія. К., 2006 18с.

66. Захарычев В.В. Ингибиторы клеточного дыхания — природные соединения группы стробилурина и их синтетические аналоги. Успехи химии. 1998. № 6. С. 595—605.

67. Зеленова Л., Тарасевич В., Васильева Е. О борьбе с проволочниками в микроочагах. Защита растений. 1966. № 6. С. 20-21.

68. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво: Підручник. К.: Аграрна освіта, 2001. 591 с.

69. Знаменский А.В. Пособие для производства обследования энтомофауны почвы ЦУП ВСНХ СССР. К.: Изд-во ССУ Сахаротреста, 1927. 58 с.

70. Исаева А.Я. Подгрызающие совки и проволочники в Алтайском крае. Четвертый съезд Всесоюзного энтомологического общества: Тезисы докладов. М.-Л.: Изд. Академии наук СССР. 1959. Т. 2. С. 36-37.

71. Кабанов В.А. Биология вредных жуков-щелкунов. Сельскохозяйственная биология. М.: Колос, 1976. Т. 11, №3. С. 398-400.

72. Кабанов В.А. Экология широкого щелкуна – *Selatosomus latus* Fabry. (Coleoptera, Elateridae) в Европейской части СССР. Вестник зоологии. К.: Наукова думка, 1973, №3. С. 24-28.

73. Каленіков А., Жбанов В., Корюненко В. Системи краплинного зрошення. Загальні технічні вимоги та методи визначення технологічних параметрів: Посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи і споруди». К.: ДІА, 2015. 200 с.

74. Каменченко С. Є. Агроекологічне обґрунтування адаптивно-інтегрованого захисту зернових культур від комплексу шкідників в зрошуваних і богарних агроценозів Нижнього Поволжя. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук. Саратов, 2006. 42 с.

75. Картопля (За ред. В.В. Кононученка, М.Я. Молоцького). Біла Церква, 2002. Т. 1. 536 с.

76. Кирейчева Л.В. Восстановление природно-ресурсного потенциала агроландшафтов комплексными мелиорациями. Мелиорация и водное хозяйство. 2004. № 5. С. 32-35.

77. Кирейчева Л.В. Мелиорация земель в России: планы и реальность. Мелиорация и водное хозяйство. 2013. № 2. С. 2-5.

78. Кирейчева Л.В. Экологические принципы создания совершенных мелиоративных систем. Природообустройство. 2017. № 5. С. 70-75.

79. Кирейчева Л.В., Белова И.В. Значение комплексных мелиораций для формирования продуктивного и устойчивого агроландшафта. Мелиорация и водное хозяйство. 2004. № 4. С. 23-25.

80. Кирейчева Л.В., Глазунова И.В. Экологически безопасные ресурсы. Технические решения очистки дренажно-сбросных вод. Вода Magazin, 2008. № 4. С. 44-47.

81. Кирейчева Л.В., Захарова О.А. Влияние цикличного орошения сточными водами на свойства серых лесных почв. Почвоведение. 2002. № 9. С. 1115-1120.

82. Китаева И.Е., Орлова В.И. Белокочанная капуста. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Росагропромиздат, 1988. 45с.

83. Ключко З.Ф. Семейство совки, или ночницы – Noctuidae. Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений. К.: Урожай, 1988. Т. 2. С. 334-381.
84. Ключко З.Ф. Совки України. К.: Видавництво Раєвського, 2006. 248 с.
85. КНД 211.1.4.055-97. Методика визначення гострої летальної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg. Затв. наказом Мінприроди України від 21.05.97 № 68.
86. Книш В., Наумов А. Безрозсадна технологія вирощування томата за краплинного зрошення Овочівництво. 2018. № 4. С. 24–28.
87. Коваль В.В, Наталочка В.О., Ткаченко С.К., Міненко О.В. Динаміка залишкових кількостей пестицидів у водах сільськогосподарського призначення в умовах Полтавщини. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2011. №1. С. 22-26.
88. Ковач В. А. et al. Larval exposure to low concentrations of neonicotinoids and niacin affects *Drosophila melanogaster* indices of reproductive success. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Біологія»*, 2017. Т. 29. С. 49-58.
89. Колядко Н.Н., Попов Ф.А. Особенности защиты капусты белокочанной от вредителей и болезней при безрассадном способе выращивания. Овощеводство и тепличное хозяйство. 2007. № 7. С. 32–33.
90. Космачевский А. С. Зависимость развития насекомых от воды. Четвертый съезд Всесоюзного энтомологического общества: Тезисы докладов. М.-Л.: Изд. Академии наук СССР, 1959. Т. 1. С. 70-71.
91. Космачевский А.С. Биология Крымского (*Agriotes litigiosus* var. *tauricus* Heyd.) и посевного (*Agriotes sputator* L.) щелкунов (Coleoptera, Elateridae). *Энтомологическое обозрение*. Л.: Изд-во АН СССР, 1959. Т. 38. Вып. 4. С. 738-749.
92. Космачевский А.С. К вопросу о питании личинок жуков

щелкунов (Coleoptera, Elateridae). Энтомологическое обозрение. Л.: Изд-во АН СССР, 1958. Т. 37. Вып. 4. С. 798-806.

93. Космачевский А.С. Определение возраста проволочников. Защита растений. 1958. №5. С. 39-40.

94. Крайнюкова А.Н. Система інтегральної токсикологічної оцінки природних і стічних вод. Східно-європейський журнал передових технологій. 2009. №1 (37). С.30-34.

95. Крук Л.С. Екотоксична дія пестицидів в агроценозах України як функція фізико-хімічної будови їх молекул :Автореф. дис.канд. с.-г. наук. К., 2001. 19 с.

96. Кузнецова Л.В., Бабаджан В.Д., Харченко Н.В. та ін. Імунологія. Вінниця: ТОВ «Меркьюрі Поділля», 2013. - 565 с.

97. Левич А. П., Булгаков Н. Г., Максимов В. Н. Теоретические и методические основы технологии регионального контроля природной среды по данным экологического мониторинга. М.: НИА-Природа, 2004. 271 с.

98. Лемешко Б. Ю., Лемешко С. Б., Горбунова А. А. О применении и мощности критериев проверки однородности дисперсий. Ч. I. Параметрические критерии. Измерительная техника. 2010. № 3. С. 10-16.

99. Лемешко Б. Ю., Лемешко С. Б., Горбунова А. А. О применении и мощности критериев проверки однородности дисперсий. Ч. II. Непараметрические критерии. Измерительная техника. 2010. № 5. С. 11-18.

100. Логвинский В. Д., Негроров О. П., Логвинская Т. В. Пестициды. Современные проблемы природопользования. Воронежский государственный университет, 2010. 32 с.

101. Лугаускас А.Ю. Микромицеты окультуренных почв Литовской ССР. Вильнюс: Мокслас, 1988. 262 с.

102. Лютко Л. М. Черемхово-злакова попелиця. *Карантин і захист рослин*, 2012. № 5ю С. 15-16.

103. Ляшенко О. А. Биоиндикация и биотестирование в охране

окружающей среды. СПб: ГТУРП, 2012. 67 с.

104. Майер А.В., Захаров Ю.И., Криволицкая Н.В. Универсальная многофункциональная система орошения для комбинированных способов полива. Известия Нижневолжского аграрного университетского комплекса. 2015. № 1 (37). С. 206-210.

105. Майже 19 млн га землі в Україні потребують постійного зрошення <http://agro-yug.com.ua/archives/2092>

106. Малиновський Б. Крапельне зрошення як нагальна потреба українського АПК. Пропозиція. 2017. URL: <https://propozitsiya.com/ua/krapelne-zroshennya-yak-nagalna-potreba-ukrayinskogo-ark>

107. Малышева М.С. Методика учета и сбора озимой совки. Защита растений. 1982. №3. С. 29.

108. Маржинальна кукурудза <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/15564-marzhynalna-kukurudza.html>

109. Маркевич А.Е., Немировец Ю.Н. Основы эффективного применения пестицидов. Справочник по механизации и контролю качества применения пестицидов в сельском хозяйстве. Минск.: МГТУ, 2008. 60 с.

110. Мартин А.Г., Осипчук С.О., Чумаченко О.М. Природно-сільськогосподарське районування України: монографія. К.: ЦП "Компринт", 2015. 328 с.

111. Мартыненко В.И., Захаренко В.А. Химическая защита зерновых культур. 1986. №7. С. 21-26.

112. Матвеева Р.А. Экологическая оценка миграции пестицидов в природных средах. М.: Колос, 1982. 126 с.

113. Матов А.Ю., Болов А.А. Новые данные по фауне совков (Lepidoptera, Noctuidae). Кавк. энтомол. бюл. Рос.акад. наук, Юж. науч. Центр. 2006. Т.2, В.2. С. 205-210;

114. Мелехова О. П., Егорова Е. И., Евсева Т. И. и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 288 с.

115. Мельничук Ф.С. Ефективність різних систем захисту картоплі від фітофторозу та альтернаріозу. Науковий вісник НУБіПУ. К., 2013. №183. С.156–161.

116. Мельничук Ф.С. Ефективність фунгіцидів проти комплексу хвороб соняшника в умовах Лісостепу України. Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2013. №17. С. 450–453.

117. Мельничук Ф.С. Ефективність фунгіцидів проти хвороб моркви на зрошенні. Карантин і захист рослин. 2015. № 12. С. 10–11.

118. Мельничук Ф.С., Алексєєва С. А., Гордієнко О. В. Захист картоплі від шкідливих організмів. Меліорація і водне господарство. 2019. Вип. 1 (109). С. 99-107.

119. Мельничук Ф.С., Алексєєва С. А., Гордієнко О. В. Вплив якісних характеристик води на ефективність застосування пестицидів. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Вода для всіх», присвяченої Всесвітньому дню водних ресурсів (21 березня 2019 р., ІВПіМ, м. Київ). Київ, 2019. С. 207-208.

120. Мельничук Ф.С., Алексєєва С.А., Гордієнко О.В., Мельничук Л.М., Шатковська К.Б. Контроль чисельності ґрунтових шкідників кукурудзи за умов краплинного зрошення та дощування. Меліорація і водне господарство. 2020. Том 111, №1. С. 86-94.

121. Мельничук Ф.С., Алексєєва С.А., Гордієнко О.В., Шатковська К.Б. Вплив зрошення на розвиток совки озимої в посівах пшениці озимої та кукурудзи. Наукові доповіді НУБіП. 2020. №1 (83). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.01.003>

122. Мельничук Ф.С., Марченко О. А., Ретьман М.С., Мельничук Л.М.

Застосування пестицидів в інтегрованих системах захисту просапних культур за краплинного зрошення. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Вода для всіх», (Київ, 21 березня 2019 р., К.: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2019. С. 195-196.

123. Мельничук Ф.С., Марченко О.А., Васильев А.А. Вплив зрошення на фітопатогенний комплекс на соняшнику в умовах Лісостепу України. Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки. Херсон: ВД «Гельветика», 2020. Вип. 116. С. XXX-XXX.

124. Мельничук Ф.С., Марченко О.А., Ретьман М.С. Цитотоксична дія фунгіцидних протруйників на паростки сої. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування Україн. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nd_2015_5_23.pdf

125. Мельничук Ф.С., Марченко О.А., Шатковський А.П., Мельничук Л.М, Ретьман М.С., Ничипорук О.М. Стан та перспективи вивчення ефективності дії пестицидів на продукційні процеси в умовах зрошення. Меліорація і водне господарство, 2019, № 2. Р. 209 - 216.

126. Мельничук Ф.С., Мельничук Л. М., Алексеева С. А., Ретьман М.С., Гордиенко А. В. Инструменты сдерживания. Агробизнес. 2020. № 2(61). С.62-66.

127. Мельничук Ф.С., Мельничук Л.М, Шатковська К.Б. Роль біомаркерів в оцінці токсичного впливу на водні екосистеми. Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю «Екологічні та гігієнічні проблеми сфери життєдіяльності людини», (Київ, 12 березня 2019 р., К.: Національний медичний університет імені О.О. Богомольця).

128. Мельничук Ф.С., Мельничук Л.М., Алексеева С.А. Влияние стеблового кукурузного мотылька на развитие фузариоза кукурузы. Материалы международной научно-практической конференции «Эпидемии болезней растений: мониторинг, прогноз, контроль». Большие Вяземы, 2017. С. 196-203.

129. Мельничук Ф.С., Мельничук Л.М., Алексеєва С.А., Лікар С.П. Вплив стеблового кукурудзяного метелика на розвиток фузаріозу качана. Карантин і захист рослин. 2017. № 10-12 С. 21–24.
130. Мержеевская О.И. Гусеницы совок (Noctuidae), их биология и морфология. Минск: Наука и техника, 1967. 452 с.
131. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 31.03.1998 р. № 44. Київ: Символ-Т, 1988. 28 с.
132. Методическое руководство по биотестированию вод РД 118-02-90. Биотестирование с использованием ракообразных. С.5-33.
133. Методы оценки экологической опасности пестицидов при их регистрации (Руководство по классификациям экологической опасности пестицидов). Большие Вяземы, 2010. 17 с.
134. Мигулін О.О., Радченко Ю.Д. Про вертикальні міграції дротяників. Вісник сільськогосподарської науки. К.: Урожай, 1966. №5. С. 68-71.
135. Миноранский В.А. Защита орошаемых полевых культур от вредителей. М.: Агропромиздат, 1989. 208 с.
136. Миноранский В.А. Энтомофауна и орошение. Материалы VII Междунар. симп. по энтомофауне Средней Европы. Л.:Наука, 1979. С. 101–104.
137. Міжнародний стандарт ISO 11268-2 “Визначення забруднення по пригніченню репродуктивної здатності у земляних черв’яків.”
138. Міжнародний стандарт ISO 11268-3 “Визначення забруднення по гострій летальній токсичності у земляних черв’яків в польових умовах.”
139. Моисеенко, Т.И. Экоотоксикологический подход к оценке качества вод. Водные ресурсы. 2005. Т. 32. №2. С. 184-195.
140. Мостовая Р.Н. Меры защиты свеклы и семенников от вредителей. Сахарная свекла: производство и переработка. М., 1988. №3. С.45-46.

141. Никифоров В.В., Т.Ф. Козловська. Химико-биологические причины ухудшения качества природной воды. Вісник КДПУ.2002. Вип. 6 (17). С. 82-85.

142. Никифорова О.О. Саун О.А. Огляд сучасних класифікацій екосистем Екологічна безпека. Кременчук: КрНУ, 2011. Вип. 1 (11). С. 44–49.

143. Николенко А.Г., Амирханов Д.В. Сравнительная оценка опасности инсектицидов из разных классов химических веществ для коллембол и полезной энтомофауны в лабораторных и полевых условиях. Агрехимия. 1992. № 8. С. 117-125.

144. Овчинников А.С., Бородычев В.В., Храбров М.Ю., Гуренко В.М., Майер А.В. Комбинированное орошение сельскохозяйственных культур. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 2 (38). С. 6-13.

145. Ольгаренко И. В. Рационализация режима орошения в условиях изменчивости гидрометеопараметров (на примере кормовой свеклы). Мелиорация и водное хозяйство. 2009. № 1. С. 36-38.

146. Осмоловский Г. Е. Выявление сельскохозяйственных вредителей и сигнализация сроков борьбы с ними. М., 1964. 204 с.

147. Павленко О. Відновлення зрошення на півдні країни - стратегічна складова економічного зростання
https://ukr.lb.ua/blog/opavlenko/364263_vidnovlennya_zroshennya_pivdni.htm

148. Палий В.Ф. Методика изучения фауны и фенологии насекомых / В.Ф. Палий. Воронеж: Центрально–чернозёмное кн. издат-во, 1970. 192 с.

149. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. М.: Агропромиздат, 1988. 271 с:

150. *Петруха О. И.* Агротехника в борьбе с вредителями. Сахарная свекла. 1980. №2. С. 29-31.

151. Пирог Т.П. Загальна мікробіологія. К.: НУХТ, 2004. 471 с.

152. Площі посіву кукурудзи в Україні зросли майже на 10% —

аналітики. <https://superagronom.com/news/7953-ploschi-posivu-kukurudzi-v-ukrayini-zrosli-mayje-na-10--analitiki>

153. Подкопай И. Е. Особенности развития вредителей полевых культур на орошаемых землях юга Украины и способы борьбы с ними автореф диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. Херсон, 1965. 312 с.

154. Подкопай И.Е. Вредители полевых культур в условиях орошения и меры борьбы с ними. Биол. основы орошаемого земледелия. М., 1964. 167 с.

155. Пономаренко А.В., Казадаев А.А. К методике учета численности и видового состава почвенных беспозвоночных. Проблемы почвенной зоологии: Тезисы докладов VII Всесоюзного совещания. К., 1981. С. 166-167.

156. Пospelов С.М. Совки – вредители сельскохозяйственных культур. Л.: Колос, 1969. 126 с.

157. Радченко Ю.Д. К вопросу о вертикальной миграции проволочников. Динамика численности насекомых, повреждающих сельскохозяйственные культуры: Труды Харьковского СХИ. К.: Урожай, 1966. Т. LV (50). С. 53-57.

158. Ретьман М.С., Мельничук Ф.С., Дрозд П.Ю., Марченко О.А. Фунгіцидні системи захисту картоплі, що застосовуються в умовах інтенсивних агротехнологій. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія, 2015. Вип. 210, №1. С. 290-294.

159. Ретьман С., Базикіна Н., Кислих Т., Шевчук О. Септоріоз соняшнику: поширення та розвиток в Правобережному Лісостепу України. *Wielokierunkowosc Jako Gwarancja Postępu Naukowego*, 2020, v. 1, P. 78-80.

160. Ретьман С.В., Базикіна Н.Г. Біла гниль соняшнику. Карантин і захист рослин. 2019. № 1-2. С. 25-28.

161. Ретьман С.В., Базикіна Н.Г. Іржа соняшнику. Карантин і захист

рослин. 2018. № 1-2. С.1-2.

162. Ретьман С.В., Борзих О.І., Кислих Т.М. та ін. Реєстраційні випробування фунгіцидів у сільському господарстві. Т. 2. К.: Колобіг, 2014. 352 с.

163. Ретьман С.В., Борзых А.И., Кислых Т.Н., Стригун А.А., Сторчоус И.Н., Шевчук О.В., Мельничук Ф.С. Защита сои. Защита и карантин растений. 2015. №4. С. 53–88.

164. Ретьман С.В., Кислих Т.М., Михайленко С.В., Шевчук О.В., Базикіна Н.Г. Хвороби соняшнику. The Ukrainian Farmer. 2018, № 3. С. 32-36.

165. Ретьман С.В., Лісовий М. П, Борзих О. І. та ін. Реєстраційні випробування фунгіцидів у сільському господарстві. Т. 1. (За ред. М. П. Лісового). К.: Колобіг, 2013. 296 с.

166. Ромащенко М. І., Шатковський А. П., Усата Л. Г. та ін. Методичні рекомендації з проведення польових досліджень за краплинного зрошення (За науковою редакцією М. І. Ромащенко). Київ, 2014. 46 с.

167. Ромащенко М.І., Корюненко В.М., Матвієць О.Г. та ін. Технології вирощування овочевих культур при краплинному зрошенні в умовах України (рекомендації). К., ІГіМ УААН., 2006.126 с.

168. Ромащенко М.І., Купедінова Р.А., Каленіков А.Т. та ін. Рекомендації з підвищення робото здатності краплинних водовипусків. Аграрна наука – виробництву. 2017.№2. С.-25

169. Ромащенко М.І., Шатковський А.П., Журавльов О.В. та ін. Овочі в умовах змін клімату: нові виклики, проблеми, можливості. Овочі та фрукти. Київ, 2020. №6 (127). С.39-43

170. Ромащенко М., Шатковский А., Черевичный Ю., Журавлев А. Развитие капельного орошения овощных культур в Украине. Овощеводство. 2015. № 3. С. 28-29.

171. Ромащенко М.І., Шатковський А.П., Рябков С.В. Концептуальні засади розвитку краплинного зрошення в Україні. Вісн. аграр. науки. 2012.

№ 2. С. 5–8.

172. Рубан М. Б., Біляк С. М., Лікар Я. О. Інтегрований захист зернових культур від злакових попелиць. *Вісник аграрної науки*, 2012, № 8. С. 30-32.

173. Руднева Л.В. Пути повышения эффективности и экологической безопасности орошения в Калмыкии. Мелиорация и водное хозяйство. 2000. № 4. С. 40-42.

174. Рыбалко А.А. Распространение и вредоносность бактериоза моркови в Западной Сибири. Фитонциды. Бактериальные болезни растений. Материалы конф.- Киев-Львов: Укراгрожилбытстрой, 1990. Ч. 2. С. 80-81.

175. Савенко В.С. Геохимические аспекты устойчивого развития. М.: ГЕОС. 2003. 180 с.

176. Саранцева Н.А., Бобрешова И.Ю. Озимая совка - опасный многоядный вредитель. Защита и карантин растений. 2007. N 10. С. 45-46.

177. Секун М.П., Жеребко В.М. та ін. Довідник із пестицидів. К.: Колобіг, 2007. 360 с.

178. Секун М. П. Неонікотиноїди в аграрному виробництві. Захист і карантин рослин. 2012. Вип. 58. С. 180-191.

179. Секун М.П. Фітофаги на пшениці. Шкодочинність домінуючих видів. Захист рослин. 1998. № 4. С.6-7.

180. Секун М.П. Шкідлива черепашка. К.: Світ, 2002. С.9-11.

181. Семенко Л.О., Мельничук Ф.С. Значення застосування засобів хімізації у підвищенні урожайності та структури врожаю озимої пшениці. Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спеціальний випуск. Охорона ґрунтів від ерозії і техногенного забруднення, рекультивация, агрохімія, біологія ґрунтів. 2014. №3. С. 226–227.

182. Семеняк С.А. Зависимость миграции некоторых видов проволочников от их холодостойкости. Проблемы почвенной зоологии: Материалы III Всесоюзного совещания, Казань, 1969. М.: Наука, 1969.

С. 146-147.

183. Сергієнко В.Г., О.В. Шита, С.В. Богданович. Зберегти урожай другого хліба. Агрономія сьогодні. 2013. <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/335-zberehtyurozhai-druho-hkhliba.html>.

184. Сердюк А.М. Екологічна безпека України. Довкілля та здоров'я. 1996. № 1. С. 4-12.

185. Сидоренко В., Малярчук В. Соняшник на зрошенні. The Ukrainian Farmer. 2018. №11(107). С. 86.

186. Симочко Л.Ю., Симочко В.В., Бігарій І.Й. Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті агробіогеоценозів при застосуванні різних агрозаходів. Науковий Вісник Ужгородського університету (Серія: Біологія). 2010. № 28. С. 47–51.

187. Слепцов Ю.І. Ще раз про крапельне зрошення. Пропозиція. 2001. №12. С. 53.

188. Современная микробиология. Прокариоты. Том 1 (Под.ред. Ленгеера Й., Дрекса Е., Шлегеля Г.). М.: Мир, 2005. 656 с.

189. Современная микробиология. Прокариоты. Том 2 (Под.ред. Ленгеера Й., Дрекса Е., Шлегеля Г.). М.: Мир, 2005. 496 с.

190. Соколова Л.М. Болезни столовой моркови в период хранения и защита от них. Вестник овощеводства. 2010. № 4 (7). С. 25.

191. Станкевич С.В., Забродіна І.В. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур. Харк. нац. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. Х.: ФОП Бровін О.В., 2016. 216 с.

192. Стовбчатый В.Н. Вредоносность проволочников в условиях земледелия Крайнего Юга Украины. Проблемы почвенной зоологии: Тезисы докладов VII Всесоюзного совещания. К., 1981. С. 218-219.

193. Сусидко П.И., Чеботарев А.Ф. Влияние орошения на изменение вредной фауны и некоторые особенности развития главнейших вредителей

орошаемой пшеницы. Труды XIII Международного энтомологического конгресса. Л.: Наука, 1968. С. 394-395.

194. Сусидко П.И., Писаренко В.Н. Защита озимой пшеницы от вредителей при интенсивных технологиях. М.: Агропромиздат, 1989. 67 с.

195. Сусидко П.И., Федько А.И., Писаренко В.Н. Поиски эффективных препаратов против лугового мотылька на посевах кукурузы. Кукуруза. 1976. № 7. С. 27-28.

196. Терехова В.А. Биоиндикация и биотестирование в экологическом контроле Использование и охрана природных ресурсов в России. Информационно аналитический бюл. 2007. № 1 (91). С. 88–90.

197. Терещенко П.В. К вопросу о воздействии инсектицидов на дождевых червей. Агрехимия. 1996. № 12. С. 101–105.

198. Токсикометрия химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Центр международных проектов ДКНТ. 1986. 426 с.

199. Трахтенберг И. Книга о ядах и отравлениях. Киев: Наукова думка, 2000. 368 с.

200. Трахтенберг И.М., Тимофиевская Л.А., Квятковская И.Я. Методы изучения хронического действия химических и биологических загрязнителей. Рига: Зинатис, 1987. 172 с.

201. Трибель С.О., Стригун О.О., Бахмут О.О., Бойко М.Г. Шкідники кукурудзи. Київ : Колобіг, 2009. 51 с.

202. Трибель С.О., Гетьман М.В., Приходько О.В. Обґрунтування заходів захисту просапних культур від ґрунтоживучих шкідників. Захист і карантин рослин: міжвідом. тем. наук. зб. 2004. Вип. 50. С. 91-114.

203. Трибель С.О., Федоренко В.П., Лапа О.М. Совки. Найпоширеніші в Україні види. К.: Колобіг, 2004. 72 с.

204. Трибель С.О., Сігарьова Д.Д., Секун М.П. та ін. Методики випробування і застосування пестицидів (За ред. проф. С.О. Трибеля). К.: Світ, 2001. 448 с.

205. Ульянченко О.В., Яровий Г.І., Рудь В.П. Визначення економічної ефективності результатів науково-дослідних робіт в овочівництві. Харків: ХНАУ ім. В.В. Докучаєва, 2011. 27 с.

206. Учёт и выявление вредителей и болезней сельскохозяйственных культур. Защита растений. 1986. №12. С. 38-41.

207. Фасулати К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных.- М.: Высш. шк., 1971. 424 с.

208. Федоренко В.П., Новицкая Л.Я., Прусская Н.Д. Учет почвообитающих насекомых. Сахарная свекла: производство и переработка. 1991. № 1. С. 22-23.

209. Федоров Л.А., Яблоков А.В. Пестициды – удар по биосфере и человеку. М.: Наука, 1999. 462 с.

210. Федорова Е.А., Левина И.Л. Зинчук О.А. Сравнительная оценка токсичности фунгицидов новых поколений для дафний Научн. ж. КубГАУ, 2011. № 4 (10). <http://ejkubagro.ru/2011/10/pdf/50.pdf>

211. Шатковский А., Дячок А., Черевичный Ю. Выращивание белокачанной капусты на капле. Овощеводство. 2010. №12. С. 52–56.

212. Шатковский А.П., Мельничук Ф.С., Семенко Л.О. Основные аспекты внесения фунгицидов с поливной водой на системах капельного орошения плодовых насаждений. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2013. Вып. 50. С. 171–175.

213. Шатковський А. П. Режими краплинного зрошення, водоспоживання та врожайність кукурудзи в зоні Степу України. Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки. 2016. Вип. 95. С. 100-105.

214. Шатковський А.П., Черевичний Ю.О. Водоспоживання та врожайність пасльонових культур за краплинного зрошення в умовах Степу України. Меліорація і водне господарство. 2013. Вип. 100 (1). С. 27–33.

215. Шатковський А. Вирощування кукурудзи на краплинному

зрошенні. Агроном. 2017. <https://www.agronom.com.ua/vyroshhuvannya-kukurudzy-na-kraplynnomu-zroshenni/>

216. Шахова Н. М., Антипова Л. К., Коцюрубенко Н. І., Кривогуз В. С. Вплив інсектицидів на зниження шкодочинності шкідливої черепашки на півдні України. Наука на службі сільського господарства. Миколаїв, 2007. С. 49-54.

217. Шеваль Е.В., Кожуро Ю.И., Максимова Н.П., Поляков В.Ю. О цитотоксическом действии гербицида трефлана на клетки корешков *Hordeum vulgare* L. Сельскохозяйственная биология. 2005. № 1. С. 120-126

218. Шелудько О.Д., Марковська О.Є., Біляєва І.М. та ін. Для захисту посівів на зрошуваних землях. Карантин і захист рослин. 2014. №7. С. 1-4.

219. Шнейдер Ю.И. Заболевание маточников моркови. Защита растений. 1972. №7. С. 18-19.

220. Шувалов Г.Т. Эффективность обработки почвы в борьбе с проволочниками. Защита растений. 1959. №3. С. 29-30.

221. Шуровенков Б.Г. Вредные виды жуков-щелкунов. Материалы к обоснованию мер борьбы с их личинками-проволочниками в Курской области. Защита сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков в центрально-черноземной зоне: Научные труды. Воронеж: Воронежский СХИ им. К.Д. Глинки, 1975. Т. 76. С. 33-44.

222. Щедрин В.Н., Васильев С.М., Андреева Т.П. Новая стратегия оросительных мелиораций – циклическое орошение. Вопросы мелиорации. 2008. № 3-4. С. 7-20.

223. Щедрин В.Н., Кулыгин В.А. Особенности водопотребления овощных культур по периодам вегетации при орошении. Мелиорация и водное хозяйство. 2011. № 2. С. 28-31.

224. Щербакова Л.Н., Карпун Н.Н. Защита растений. — М.: АСАДЕМА, 2008. — 272 с.

225. Щоткін В.А. Крапельні системи – найбільш прогресивний спосіб

зрошення. Пропозиція. 2001. № 6. С. 48–50.

226. Яблоков А. В. О недооценке отрицательных последствий применения пестицидов и о важности разработки иных путей развития сельского хозяйства. Пушино, 1988. 100 с.

227. Adams A., Gore J., Catchot A. et al. Residual and Systemic Efficacy of Chlorantraniliprole and Flubendiamide Against Corn Earworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Soybean. *Journal of Economic Entomology*, 2016, V. 109, N 6, P. 2411–2417.

228. Adrian J.H., Teraoka H., Heideman W. Zebrafish as a Model Vertebrate for Investigating Chemical Toxicity. *Toxicological Sciences*. 2005. V.86, №1. P. 6–19.

229. Agatz A., Ashauer R., Brown C.D. Imidacloprid perturbs feeding of *Gammarus pulex* at environmentally relevant concentrations. *Environmental toxicology and chemistry*, 2014. V. 33, N 3, P. 648-653.

230. Agri-environment schemes in England 2009; a review of results and effectiveness. Natural England, ISBN 978-1-84754-158-1.

231. Akoijam R, Singh B. Biodegradation of imidacloprid in sandy loam soil by *Bacillus aerophilus*. *Int. J. Environ An. Ch.* 2015. V. 95. P. 730–743.

232. Alaux C., Brunet J.L., Dussaubat C. et al. Interactions between *Nosema* microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*). *Environ Microbiol.* 2010. V. 12. P. 774–782.

233. Alexander A.C., Culp J.M., Liber K., Cessna A.J. Effects of insecticide exposure on feeding inhibition in mayflies and oligochaetes. *Environmental Toxicology and Chemistry* 2007. V. 26. P. 1726–1732.

234. Alix A. et al. Development of a harmonized risk mitigation toolbox dedicated to environmental risks of pesticides in farmland in Europe: outcome of the MAGPIE workshop. *Julius-Kühn-Archiv.* 2015. №. 449. С. 148-155.

235. Allen R. Using the FAO-56 dual crop coefficient method over an irrigated region as part of an evapotranspiration intercomparison study. *Journal of*

Hydrology. 2000. V. 229, N 1-2. P. 27-41.

236. Anderson J.C., Dubetz C., Palace V.P. Neonicotinoids in the Canadian aquatic environment: A literature review on current use products with a focus on fate, exposure, and biological effects. *Science of The Total Environment*. 2015. V. 505. P. 409-422.

237. Anhalt J.C., Moorman T.B., Koskinen W.C. Biodegradation of imidacloprid by an isolated soil microorganism. *J Environ Sci Heal B* 2007. V. 42. P. 509–514.

238. Anhalt J.C., Moorman T.B., Koskinen W.C. Degradation and sorption of imidacloprid in dissimilar surface and subsurface soils. *Journal of Environmental Science and Health B Pesticides, Food Contaminants and Agricultural Wastes*. 2008. V. 43, P. 207–213. .

239. Annandale J., Stockle C. Fluctuation of crop evapotranspiration coefficients with weather: a sensitivity analysis. 1994. *Irrigation Science*. V. 15. P.1–7.

240. Annex VI Dossier. Proposal for harmonized classification and labelling. UK REACH competent authority, Chemicals Regulation Directorate, November 2009.

241. Araújo J., Furtado E., Filho H., Lombardi A. Aplicação de fungicida na cultura do tomateiro via água de irrigação em cultivo protegido. *Irriga*. 2018. V. 7, N. 2. P. 81-90

242. Arshad M., Hussain S., Saleem M. Optimization of environmental parameters for biodegradation of alpha and beta endosulfan in soil slurry by *Pseudomonas aeruginosa*. *J Appl Microbiol*. 2008. V. 104. P. 364–370.

243. Arysta LifeScience Material Safety Data Sheet of Apache 50WG https://www.agrofert.cz/downloads/bezpecnostni-listy-agrochemikalie-sk/Apache_50_WG_SK.pdf

244. Bal R., Naziroglu M., Turk G. et al. Insecticide imidacloprid induces morphological and DNA damage through oxidative toxicity on the reproductive

organs of developing male rats. *Cell Biochemistry and Function*. 2012. V. 30. P. 492–499.

245. Bal R., Turk G., Okes Y. et al. Affects of clothianidin exposure on sperm quality, testicular apoptosis and fatty acid deposition in developing male rats. *Cell Biology and Toxicology*. 2012. V. 28. P. 187–200.

246. Balba H. Review of strobilurin fungicide chemicals. *Journal of Experimental Science and Health Part B*. 2007. V. 42. P. 441–451

247. Bartlett D.W., Clough J.M., Godwin J.R. et al. The strobilurin fungicides. *Pest Manage. Sci*. 2000. V. 58. P. 649–662.

248. Baskaran S., Kookana R.S., Naidu R. Degradation of bifenthrin, chlorpyrifos and imidacloprid in soil and bedding materials after miticidal application rates. *Pesticide Science*. 1999. V. 55. P. 1222–1228.

249. Bayer CropScience Material Safety Data Sheets of Calypso 480 SC. <https://www.cropscience.bayer.ua/~media/Bayer%20CropScience/Ukraine/Products/msds/CALYPSO%20SC480.pdf>

250. Beketov M.A. Comparative sensitivity to insecticides deltamethrin and esfenvalerate of several aquatic insects (Ephemeroptera and Odonata) and *Daphnia magna*. *Russian Journal of Ecology*. 2004. V. 35. P. 200–204.

251. Ben-Nun E., Shlevin E., Dinoor A., Shtienberg D. Influence of the type of irrigation on alternaria blight in carrot. *Phytoparasitica*. 1998. V. 26, №2. P. 172.

252. Biesmeijer J.C., Roberts S.P.M., Reemer M. et al. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*. 2006. V. 313. P. 351–354.

253. Biocca M., Conte E., Pulcini P. et al. Sowing simulation tests of a pneumatic drill equipped with systems aimed at reducing the emission of abrasion dust from maize dressed seed. *Journal of Environmental Science and Health Part B; Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes*. 2011. V. 46. P. 438–448.

254. Boivin A., Poulsen V. Environmental risk assessment of pesticides:

state of the art and prospective improvement from science. *Environmental Science and Pollution Research*. 2017. T. 24. №. 8. P. 6889-6894.

255. Bomfim G., Azevedo B., Viana T. et al. Methods of application and dosages of insecticides for *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera: Aphididae) in the yellow melon. *Revista Ciência Agronômica*. 2015. V. 46, N. 3, P. 488-496.

256. Bonmantin J.-M., Giorio C., Girolami V. et al. Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil *Environ. Sci.Pollut. Res.* 2015. V. 22. P. 35-67.

257. Bonmatin J.M., Moineau I., Charvet R. et al. Behavior of imidacloprid in fields. Toxicity for honey bees. *Environmental Chemistry: Green Chemistry and Pollutants in Ecosystems* (eds E. Lichtfouse, J. Schwarzbauer & D. Robert). New York: Springer, 2005. P. 483-494.

258. Booth L.H., O'Halloran K.A. Comparison of biomarker responses in the earthworm *Aporrectodea caliginosa* to the organophosphorus insecticides diazinon and chlorpyrifos. *Environmental toxicology and chemistry*. 2001. T. 20. №. 11. P. 2494-2502.

259. Brausch J.M., Beall B., Smith P.N. Acute and Sub-Lethal Toxicity of Three POEA Surfactant Formulations to *Daphnia magna*. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2007. V. 78. P. 510–514

260. Brereton T., Roy D.B., Middlebrook I. et al. The development of butterfly indicators in the United Kingdom and assessments in 2010. *Journal of Insect Conservation*. 2011. V. 15. P. 139–151.

261. Bromilow R.H., Chamberlain K. Metabolic processes for organic chemicals in plants. In: *Plant Contamination: Modeling and Simulation of Organic Chemical Processes*, edited by S. Trapp and J.C. McFarlane. Boca Raton: CRC Press, 1995.

262. Brooks D.R., Bate J.E., Clark S.J. et al. Large carabid beetle declines in a United Kingdom monitoring network increases evidence for a widespread loss in insect biodiversity. *Journal of Applied Ecology*. 2012. V. 49. P. 1009–1019.

263. Browne G., DeTar W., Sanden B., Phene C. Comparison of Drip and Sprinkler Irrigation Systems for Applying Metam Sodium and Managing Stem Rot on Potato. *Plant Disease*. 2002. V. 86. P. 1211-1218.

264. Bueno A.D., Batistela M.J., Bueno R.C.O.D. et al. Effects of integrated pestmanagement, biological control and prophylactic use of insecticides onthe management and sustainability of soybeans. *Crop Protection*. 2011. V. 30. P. 937–945.

265. Burger J. Bioindicators: Types, development, and use in ecological assessment and research. *Environmental Bioindicators*. 2006 V.1. P. 1:22-39.

266. Butchart S.H.M., Walpole M., Collen B. et al. Global biodiversity: indicators ofrecent declines. *Science*. 2010. V. 328. P. 1164–1168.

267. Café-Filho A. C., Lope C. A., Rossato M. Management of plant disease epidemics with irrigation practices. *Irrigation in Agroecosystems*. 2019. P. 123-143.

268. Callahan C.A. Earthworms as ecotoxicological assessment tools. United States Environmental Protection Agency. EPA-600/D-48-272. 1984.

269. Campbell G.S., Campbell M.D. Irrigation scheduling using soil moisture measurements: theory and practice. In: *Advances in irrigation*, Vol. 1. New York: Academic Press, 1982. P. 25–42.

270. Carins J., Niederlehner B.R. Ecological toxicity testing: scale, complexity and relevance. Chelsea: Lewis Publishers Inc., 1995. 222 p.

271. Casabé N., Piola L., Fuchs J. et al. Ecotoxicological assessment of the effects of glyphosate and chlorpyrifos in an Argentine soya field. *Journal of Soils and Sediments*. 2007. T. 7. №. 4. P. 232-239.

272. Casida J. Curious about pesticide action. *J. Agr. Food Chem*. 2011. V. 59. P. 2762–2769.

273. Castle S.J., Byrne F.J., Bi J.L., Toscano N.C. Spatial and temporaldistribution of imidacloprid and thiamethoxam in citrus andimpact on *Homalodisca coagulata* (Say) populations. *Pesticide ManagementScience*. 2005.

V. 61. P. 75–84.

274. Cedergreen N., Kamper A., Streibig J. Is prochloraz a potent synergist across aquatic species? A study on bacteria, daphnia, algae and higher plants. *Aquatic toxicology*. 2006. V. 78. P. 243-52.

275. Chemical Weapons Convention. The Harvard Sussex program on CBW armament and arms limitation. 1993.

276. Chen S., Dong Y.H., Chang C. et al. Characterization of a novel cyfluthrin-degrading bacterial strain *Brevibacterium aureum* and its biochemical degradation pathway. *Bioresource Technol.* 2013. V. 132. P. 16–23.

277. Chen T., Dai Y.J., Ding J.F. et al. N-demethylation of neonicotinoid insecticide acetamiprid by bacterium *Stenotrophomonas maltophilia* CGMCC 1.1788. *Biodegradation*. 2008. V. 19. P. 651–658.

278. Classification of hazards to the terrestrial environment. A review. Draft report to the UN sub-committee of experts on the GHS: terrestrial environmental hazards. Document ENV/JM/HCL (2008)3 OECD. Paris, 2008. 42p.

279. Cox L., Koskinen W.C., Yen P.Y. Changes in sorption of imidacloprid with incubation time. *Soil Sci Soc Am J.* 1998. V. 62. P. 342–347.

280. Cox L., Koskinen W.C., Yen P.Y.. Sorption-desorption of imidacloprid and its metabolites in soils. *J Agr Food Chem.* 1997. V. 45. P. 1468–1472.

281. Cox L., Koskinen W., Yen P. Influence of soil properties on sorption-desorption of imidacloprid. *Journal of Environmental Science and Health.* 1998. V. 33. P. 123–134.

282. Cox W.J., Shields E., Cherney J.H. Planting date and seedtreatment effects on soybean in the Northeastern United States. *Agronomy Journal.* 2008. V. 100. P. 1662–1665.

283. Dai Y.J., Ji W.W., Chen T. et al. Metabolism of the neonicotinoid insecticides acetamiprid and thiacloprid by the yeast *Rhodotorula mucilaginosa*

strain IM-2. *J Agr Food Chem.* 2010. V. 58. P. 2419–2425.

284. Dankyi E., Gordon C., Carboo D. et al. Sorption and degradation of neonicotinoid insecticides in tropical soils. *J. Environ. Sci. Heal.* 2018. V. 53. P. 587–594.

285. De Cant J., Barrett M. Clothianidin registration of prosper T400seed treatment on mustard seed (oilseed and condiment) and Poncho/Votivo seed treatment on cotton. United States Environmental Protection Agency report, 2 November 2010.

286. De Heer M., Kapos V., Ten Brink B. Biodiversity trends in Europe: development and testing of a species trend indicator for evaluating progress towards the 2010 target. *Philosophical Transactions Royal Society London.* 2005. V. 360, P. 297–308.

287. Decision No 2455/2001/Ec of the European Parliament and of the Council of 20 November 2001; establishing the list of priority substances in the field of water policy and amending Directive 2000/60/EC. *Official Journal of the European Communities*, 331, 1–5.

288. Defarge N., Takács E., Lozano V.L. et al. Co-Formulants in Glyphosate-Based Herbicides Disrupt Aromatase Activity in Human Cells below Toxic Levels. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2016, 13, 264.

289. Defra. Pesticide Usage Surveys. 2012. <https://secure.fera.defra.gov.uk/pusstats>. Accessed 20/1/13

290. Defra. Statistics about the structure of the agricultural industry. 2012 <http://www.defra.gov.uk/statistics/foodfarm/food/cereals/cerealsoilseed/> Accessed 20/1/13.

291. DeLorenzo M.E., Thompson B., Cooper E. et al. A long-term monitoring study of chlorophyll, microbial contaminants, and pesticides in a coastal residential stormwater pond and its adjacent tidal creek. *Environmental Monitoring and Assessment.* 2012. V. 184. P. 343–359.

292. Dively G.P., Kamel A. Insecticide residues in pollen and nectar of a

cucurbit crop and their potential exposure to pollinators. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012. V. 60. P. 4449–4456.

293. Dixon G. R. *Water, Irrigation and Plant Diseases*. CAB Reviews 2015, no. 10. Wallingford, UK: CABI, 2015.

294. Doane J.F. The influence of soil moisture and some soil physical factors on the ovipositional behavior of the prairie grain wireworm, *Ctenicera destructor*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 1967. Vol. 10. No. 3-4. P. 275 – 286.

295. Dorn P.B., Rodgers J., Jop K. Comparative toxicity and speciation of two hexavalent chromium salts in acute toxicity tests. *Environ Toxicol. And Chem.* 1987, №6, P. 435 – 444.

296. Dunn M. W., Gaynor L. G. Impact and control of powdery mildew on irrigated soybean varieties grown in southeast Australia. *Agronomy*, 2020, V. 10, N 4, P. 514-522.

297. Easton A.H., Goulson D. The neonicotinoid insecticide imidacloprid repels pollinating flies and beetles at field-realistic levels. *PloSOne*, 2013. V. 8. e54819.

298. Edwards C.A. *Biology and ecology of earthworms*. V.3. Springer Science & Business Media. 1996.

299. EFSA Statement on the findings in recent studies investigating sublethal effects in bees of some neonicotinoids in consideration of the uses currently authorised in Europe. *EFSA Journal*. 2012. V. 10. 2752.

300. EFSA Conclusions on the peer review of the pesticide risk assessment for bees for the active substance imidacloprid. *EFSA Journal*. 2013. V. 11. 3068.

301. EFSA Conclusions on the peer review of the pesticide risk assessment for bees for the active substance clothianidin. *EFSA Journal*. 2013. V. 11. 3066.

302. Elango K., Nisha Pradeepa K. Drip irrigation of pesticides as a pest

management tool. In: Sustainable Crop Protection under Protected Cultivation. 2017. P.109-119.

303. Elbert A., Erdelen C., Hattori Y. et al. Thiacloprid: a novel neonicotinoid insecticide for foliar application. In: Proceedings of British Crop Protection Conference—Pests and Diseases. Farnham, Surrey, UK: BCPC, 2000.

304. Elbert A., Haas M., Springer B. et al. Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection. *Pest Manag Sci.* 2008. V. 64. P. 1099–1105.

305. Erasmus A. Effects of Bt Maize on *Agrotis segetum* (Lepidoptera: Noctuidae): A Pest of Maize Seedlings. *Environmental Entomology.* 2010. Vol. 39, N. 2, 702– 706.

306. European Parliament and Council, Office. J. Eur. Comm. L139, 12 2013. doi: 10.3000/19770677L_2013.139.eng.

307. Fernández-Ortuño D., Tores J., Vicente A., Pérez-García A. The QoI Fungicides, the Rise and Fall of a Successful Class of Agricultural Fungicides. In book: Fungicides. 2010. P.203-220.

308. Flaherty C. M., Dodson S. I. Effects of pharmaceuticals on *Daphnia* survival, growth, and reproduction. *Chemosphere.* 2005. V. 61. P. 200-207.

309. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Specifications and Evaluations for Agricultural Pesticides, 2010 http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Specs/Thiacloprid_2010.pdf

310. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Specifications and Evaluations for Agricultural Pesticides. Azoxystrobin. 2019. <http://www.fao.org/3/CA2760EN/ca2760en.pdf>

311. Fox R., Conrad K.F., Parsons M.S. et al. The State of Britain's Larger Moths. Butterfly Conservation and Rothamsted Research, Wareham, Dorset. 2006.

312. Furlan L. The biology of *Agriotes sordidus* Illiger (Col., Elateridae). *Journal of Applied Entomology.* 2004. Vol. 128. N 9-10. P. 696.

313. Ge F, Zhou L-Y, Wang Y et al. Hydrolysis of the neonicotinoid

insecticide thiacloprid by the N₂-fixing bacterium *Ensifer meliloti* CGMCC 7333. *Int Biodeter Biodegr* 2014. V. 93. P. 10–17.

314. Gervais J.A., Luukinen B., Buhl K. et al. Imidacloprid Technical Fact Sheet. National Pesticide Information Centre, Oregon State University Extension Services. 2010. <http://npic.orst.edu/factsheets/imidacloprid.pdf>

315. Ghidui G., Kuhar T., Palumbo J., Schuster D. Drip Chemigation of Insecticides as a Pest Management Tool in Vegetable Production. *Journal of Integrated Pest Management*. 2012. V. 3, N 3. P. 1–5.

316. Gibbons D, Morrissey C, Mineau P. A review of the direct & indirect effects of neonicotinoids and fipronil on vertebrate wildlife. *Environ Sci Pollut R* 2015. V. 22. P. 103–118.

317. Gill R.J., Ramos-Rodriguez O., Raine N.E. Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees. *Nature*. 2012. V. 491. P. 105–119.

318. Girolami V., Mazzon L., Squartini A. et al. Translocation of neonicotinoid insecticides from coated seeds to seedling guttation drops: a novel way of intoxication for bees *J. Econ. Entomol.* 2009. V. 102, N5. P. 1808-1815.

319. Godiyal S. Neonicotinoids Pesticide Continue to Cause the Decline of Bee Population in U.S. 2013. http://www.bibliotecapleyades.net/ciencia/ciencia_beas42.htm.

320. Goncharuk V.V., Vergolyas M.R. Toxic impact of *Escherichia coli* bacteria depending on their content in water on test organisms. *Journal of Water Chemistry and Technology*. 2014. V. 36, N 1. P. 46-50.

321. Gopal M., Dutta D., Jha S.K. et al. Biodegradation of imidacloprid and metribuzin by *Burkholderia cepacia* strain CH9. *Pesticide Res J.* 2011. V. 23. P. 36–40.

322. Goulson D. Review: an overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *J Appl Ecol.* 2013. V. 50. P. 977–987.

323. Goulson D., Lye G.C., Darvill B. Decline and conservation

ofbumblebees. *Annual Review of Entomology*. 2008. V. 53. P. 191–208.

324. Graham-Bryce I.J. Crop protection: a consideration of the effectiveness and disadvantages of current methods and of the scope for improvement. *Philosophical Transactions Royal Society London B*, 1977. V. 281. P. 163–179.

325. Greig-Smith P.W. Recommendations of an international workshop on ecotoxicology of earthworms. *Ecotoxicology of earthworms*. Andover: Intercept Ltd, 1992. P. 247-262.

326. Guangcan Zhou, Ying Wang, Yuan Ma et al. The metabolism of neonicotinoid insecticide thiamethoxam by soil enrichment cultures, and the bacterial diversity and plant growth-promoting properties of the cultured isolates. *Journal of Environmental Science and Health*. 2014. Part B. V. 49. N 6. P. 381-390.

327. Gupta S., Gajbhiye V., Agnihotri N. Leaching behavior of imidacloprid formulations in soil. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2002. V. 68. P. 502–508.

328. Gupta S., Gajbhiye V.T., Gupta R.K. Soil dissipation and leaching behavior of a neonicotinoid insecticide thiamethoxam. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2008. V. 80. P. 431–437.

329. Han P., Niu C.Y., Lei C.L. et al. Quantification of toxins in a Cry1Ac+CpTI cotton cultivar and its potential effects on the honey bee *Apis mellifera* L. *Ecotoxicology*. 2010. V. 19. P. 1612–1619.

330. Handford C.E., Elliott C.T., Campbell K. A review of the global pesticide legislation and the scale of challenge in reaching the global harmonization of food safety standards. *Integrated environmental assessment and management*. 2015. V. 11. №. 4. P. 525-536.

331. Hayasaka D., Suzuki K., Nomura T. et al. Comparison of acute toxicity of two neonicotinoid insecticides, imidacloprid and clothianidin, to five cladoceran species. *Journal of Pesticide Science*. 2013. V. 38. P. 44-47.

332. Hela T., Moncef B., Millet M. et al. Investigation of differences in sensitivity between 3 strains of *Daphnia magna* (crustacean Cladocera) exposed to malathion (organophosphorous pesticide). *Journal of Environmental Science and Health*. 2015. Part B, V.50, N 1. P. 34-44

333. Henry M., Beguin M., Requier F. et al. A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. *Science*. 2012. V. 336. P. 348–350.

334. Hole D.G., Perkins A.J., Wilson J.D. et al. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological conservation*. 2005. T. 122. №. 1. P. 113-130.

335. Holt E. A., Miller S. W. Bioindicators: using organisms to measure environmental impacts. *Nature Education Knowledge*. 2011. V. 3, P. 8.

336. Hopwood J, Vaughan M, Stephard M et al. Are Neonicotinoides Killing Bees? A Review of Research into the Effects of Neonicotinoid on Bees, with Recommendation for Action. Portland: The Xerces Society for Invertebrate Conservation, 2012. 44 p.

337. Horowitz A., Kontsedalov S., Ishaaya I. Dynamics of resistance to the neonicotinoids acetamiprid and thiamethoxam in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology*. 2004. V. 97. P. 2051–2056.

338. Hu G., Zhao Y., Liu B. et al. Isolation of an indigenous imidacloprid degrading bacterium and imidacloprid bioremediation. *J Microbiol Biotechnol*. 2013. V. 23, N 11. P. 1617-1626

339. Hussain S., Siddique T., Arshad M. et al. Bioremediation and phytoremediation of pesticides: recent advances. *Crit Rev Env Sci Tec* 2009. V. 39. P. 843–907.

340. Hussien A. Utilization chemigation to reduce peas contamination with pesticide in new reclaimed lands. *Egyptian Journal of Agricultural Research*. 2018. V. 96. P. 1543-1553.

341. International Union of Pure and Applied Chemistry, The Pesticide Properties Database, 2017. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/atoz.htm>

342. Isenrin R. Pesticide reduce the biodiversity. *Pesticides News*. 2010. N

88. P.4-7.

343. ISO 17512-1. Soil quality-Avoidance test for determining the quality of soils and effects of chemicals on behaviour-Part 1: Test with earthworms (*Eisenia foetida* and *Eisenia andrei*)

344. Jeschke P., Nauen R., Schindler M., Elbert A. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011. V. 59. P. 2897–2908.

345. Jones H.G. Physiological aspects of the control of water status in horticultural crops. *HortScience*. 1990. V. 25, N 1. P. 19-26.

346. Jones H.G. Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *Journal of Experimental Botany*. 2004. V. 55, N 407. P. 2427–2436.

347. Johnson K.D., O’Neal M.E., Ragsdale D.W. et al. Probability of cost-effective management of soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) in North America. *Journal of Economic Entomology*. 2009. V. 102. P. 2101–2108.

348. Kader K.A., Balasubramanian P. M., Chatterton S. Influence of irrigation and plant canopy architecture on white mould disease of dry bean. *Canadian Journal of Plant Science*. 2018. V. 98, N 6. P. 1280-1292.

349. Kandil M.M., Trigo C., Koskinen W.C. et al. Isolation and characterization of a novel imidacloprid-degrading *Mycobacterium* sp. strain MK6 from an Egyptian soil. *J Agr Food Chem*. 2015. V. 63, N 19. P. 4721-4727.

350. Katz, I., Cunha A.P. Sousa A. P. Herdani E. E. Comparação de dois métodos de aplicação de fungicidas, irrigação por gotejamento e pulverização convencional no controle do mofo cinzento (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.) em vasos com plantas de *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.). *Irriga*. 2006. V. 11, N 3. P. 328-338.

351. Khathutshelo M. Effect of soil moisture and host plants on behaviour and survival of the common cutworm, *agrotis segetum* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Noctuidae). Dissertation (M.Sc. (Zoology and Entomology)).

University of the Free State. 2011. <https://scholar.ufs.ac.za/handle/11660/8075?show=full>

352. Kollmeyer W.D., Flattum,R.F., Foster J.P. et al. Discovery of the nitromethylene heterocycleinsecticides. *Nicotinoid Insecticides and the Nicotinic AcetylcholineReceptor* (eds I. Yamamoto & J. Casida). Tokyo: Springer-Verlag, 1999. P. 71–89.

353. Kreutzweiser D.P., Good K.P., Chartrand D.T. et al. Effects on litterdwelling earthworms and microbial decomposition of soilapplied imidacloprid for control of wood-boring insects. *Pest Manage Sci.* 2008. V. 64. P. 112–118.

354. Krischik V.A., Landmark A., Heimpel G. Soil-applied imidacloprid is translocated to nectar and kills nectar-feeding *Anagyrus pseudococci* (Girault) (Hymenoptera: Encyrtidae). *Environ Entomol.* 2007. V. 36. P. 1238–1245.

355. Krupke C.H., Hunt G.J., Eitzer B.D. et al. Multiple routes of pesticide exposure for honey bees living near agriculturalfields. *PLoS One.* 2012. V. 7. e29268.

356. Kumar M., Philip L. Bioremediation of endosulfan contaminated soil and water—optimization of operating conditions in laboratory scale reactors. *J Hazard Mater.* 2006. V. 136. P. 354–364.

357. Kurtzman C.P., Fell J.W. *The Yeastes: a taxonomic study.* 4th ed. Amsterdam: Elsevier, 1998. 1055 p.

358. Kurtzman C.P. Systematics and Taxonomy of Yeasts. In: *Dimorphism in Human Pathogenic and Apathogenic Yeasts.* Ed. E.J.F. Schmidt. *Contrib. Microbiol. Basel.* Karger, 2000. Vol. 5. P. 1- 14.

359. Lage D. A., Marouelli W. A., Café-Filho A. C. Management of powdery mildew and behaviour of late blight under different irrigation configurations in organic tomato. *Crop Protection,* 2019. V. 125, 104886.

360. Lamers M., Anyusheva,M., La N. et al. Pesticide pollution in surface and groundwater by paddy rice cultivation:a case study from Northern Vietnam. *Clean-Soil Air Water.* 2011. V. 39. P. 356–361.

361. Lanno R, Wells J, Conder J, Bradham K, Basta N. The bioavailability of chemicals in soil for earthworms. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2004. V. 57. P. 39-47.

362. Lemanczyk G., Lisiecki K. Występowanie patogenów i chorób roślin w warunkach nawadniania. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 2015, № III/1. P. 647-662.

363. Lin Z., Zhang W., Pang S. et al. Current approaches to and future perspectives on methomyl degradation in contaminated soil/water environments. *Molecules*. 2020. V. 25. P. 738.

364. Liu W., Zheng W., Ma Y. et al. Sorption and degradation of imidacloprid in soil and water. *J Environ Sci Heal B*. 2006. V. 41. P. 623–634.

365. Liukkonen-Anttila T., Putaala A., Hissa R. Does shifting from a commercial to a natural diet affect the nutritional status of handreared grey partridges *Perdix perdix*. *Wildlife Biology*. 1999. V. 5. P. 147–156.

366. Lopez-Antia A., Ortiz-Santaliestra M.E., Mougeot F., Mateo R. Experimental exposure of red-legged partridges (*Alectoris rufa*) to seeds coated with imidacloprid, thiram and difenoconazole. *Ecotoxicology*. 2013. V. 22. P. 125–138.

367. Lowe C.N., Butt K.R. Culture techniques for soil dwelling earthworms: a review. *Pedobiologia*. 2005. V. 49. №. 5. P. 401-413.

368. Lye G.C., Jennings S.N., Osborne J.L., Goulson D. Impacts of the use of nonnative commercial bumble bees for pollinator supplementation in raspberry. *Journal of Economic Entomology*. 2011. V. 104. P. 107–114.

369. Ma Y., Zhai S., Mao S.Y. et al. Co-metabolic transformation of the neonicotinoid insecticide imidacloprid by the new soil isolate *Pseudoxanthomonas indica* CGMCC 6648. *J Environ Sci Heal B*. 2014. V. 49. P. 661–670.

370. Marano R., Maumary R., Fernandez L., Rista, L. Epidemiology of the Diseases of Wheat under Different Strategies of Supplementary Irrigation. *International Journal of Agronomy*. 2012. V. 2012. Article ID 407365.

371. Marco A., Salvia R., Polani S. et al. Evaluation of Genotoxic and Cytotoxic Properties of Pesticides Employed in Italian Agricultural Practices. *Environmental research*. 2000. V. 83. P. 311-321.
372. Marzaro M., Vivian L., Targa A. et al. Lethal aerial powdering of honey bees with neonicotinoids from fragments of maize seed coat. *Bulletin of Insectology*. 2011. V. 64. P. 119–126.
373. Matsuda K., Buckingham S.D., Freeman J.C. et al. Effects of the alpha subunit on imidacloprid sensitivity of recombinant nicotinic acetylcholine receptors. *Br. J. Pharmacol.* 1998. V. 123. P. 518-524.
374. McCornack B.P., Ragsdale D.W. Efficacy of thiamethoxam to suppress soybean aphid populations in Minnesota soybean. *Crop Management Online*. 2006. doi:10.1094/CM-2006-0915-01-RS.
375. McKirdy S.J., Jones R.A.C., Nutter Jr F.W. Quantification of field losses caused by Barley yellow dwarf virus in wheat and oats. *Plant Disease*. 2002. V. 86, P. 769–773.
376. Melnichuk F., Marchenko O., Fedak G., Xue A. Cytotoxic effects of chemical seed treatments on soybean seedlings (Abstr.). *Phytopathology*. 2014. V. 104 (Suppl. 3) S.3.79.
377. Melnichuk F., Melnichuk L., Alekseeva S., Retman S., Hordiienko O. Neonicotinoids against sucking pests on winter wheat stands in the Forest-Steppe Zone of Ukraine. *Annals of agrarian science*. 2019. Vol.17, N2. P. 175-179.
378. Mesnage R., Bernay B., Séralini, G. E. Ethoxylated adjuvants of glyphosate-based herbicides are active principles of human cell toxicity. *Toxicology*, 2013. V. 313, N 2-3. P. 122-128.
379. Mesnage R., Defarge N., De Vendômois J. S., Seralini G. E. Potential toxic effects of glyphosate and its commercial formulations below regulatory limits. *Food and Chemical Toxicology*, 2015. V. 84. P. 133-153.
380. Metcalf R.L., Luckmann W.H. *Introduction to Insect Pest Management*. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1994. 266 p.

381. Miao J, Chen X, Xu T, Yin D, Hu X, Sheng GD. Bioaccumulation, distribution and elimination of lindane in *Eisenia foetida*: The aging effect. *Chemosphere*. 2018. V. 190. P. 350-357.

382. Mineau P., Palmer C. The Impact of the Nation's Most Widely Used Insecticides on Birds. American Bird Conservancy. 2013. http://abcbirds.org/wp-content/uploads/2015/05/Neonic_FINAL.pdf.

383. Miorini T.J.J., Raetano C.G., Everhart S.E. Control of white mold of dry bean and residual activity of fungicides applied by chemigation, *Crop Protection*, 2017, V. 94, P. 192-202.

384. Moghaddam N.S., Zakaria M.P., Omar D. et al. Effects of imidacloprid on the biodiversity of soil microbes in selected soils of Malaysia. In: 2nd International Conference on Environmental Science and Development. IPCBEE. 2011, V. 2. P. 7–12.

385. Mommaerts V., Reynders S., Boulet J. et al. Risk assessment for side-effects of neonicotinoids against bumblebees with and without impairing foraging behaviour. *Ecotoxicology*. 2010. V. 19. P. 207–215.

386. Mori T., Wang J., Tanaka Y. et al. Bioremediation of the neonicotinoid insecticide clothianidin by the white-rot fungus *Phanerochaete sordida*. *J. Hazard. Mater.* 2017. V. 321. P. 586–590.

387. Moritz R.F.A., de Miranda J., Fries I. et al. Research strategies to improve honeybee health in Europe. *Apidologie*. 2010. V. 41. P. 227–242.

388. Morrissey C.A., Mineau P., Devries J.H. et al. Neonicotinoid contamination of global surfacewaters and associated risk to aquatic invertebrates: a review. *Environ Intern.* 2015. V. 74. P. 291–303.

389. Nauen R., Reckmann U., Armbrorst S. et al. Whitefly-active metabolites of imidacloprid: biological efficacy and translocation in cotton plants. *Pestic Sci.* 1999. V. 55. P. 265–71.

390. Neves, M. et al. Biochemical and populational responses of an aquatic bioindicator species, *Daphnia longispina*, to a commercial formulation of a

herbicide (Primextra® Gold TZ) and its active ingredient (S-metolachlor). *Ecol. Indic.* 2015. V. 53. P. 220-230.

391. Ochoa-Acuña H. G., Bialkowski W., Yale G., Hahn L. Toxicity of soybean rust fungicides to freshwater algae and *Daphnia magna*. *Ecotoxicology*. 2009. V. 18, N 4. P. 440–446.

392. OECD 207. Biological test method. Tests for toxicity of contaminated soil to earthworms (*Eisenia andrei*, *Eisenia fetida*, or *Lumbricus terrestris*). 2004. 184 p.

393. Ohnesorg W.J., Johnson K.D., O’Neal M.E. Impact of reduced-risk insecticides on soybean aphid and associated natural enemies. *Journal of Economic Entomology*. 2009. V. 102. P. 1816–1826.

394. Ohsawa M. Comparison of Elaterid Biodiversity among Larch Plantations, Secondary Forests, and Primary Forests in the Central Mountainous Region in Japan . *Annals of the Entomological Society of America*. 2004. Vol. 97, No. 4. P. 770-774.

395. Oliver J.B., Fare D.C., Youssef N. et al. Evaluation of a single application of neonicotinoid and multi-application contact insecticides for flatheaded borer management in field grown red maple cultivars. *Journal of Environmental Horticulture*. 2010. V. 28. P. 135–149.

396. Pandey G., Dorrian S. J., Russell R. J. et al. Biotransformation of the neonicotinoid insecticides imidacloprid and thiamethoxam by *Pseudomonas* sp. 1G. *Biochem. Bioph. Res. Commun.* 2009. V. 380. P. 710–714.

397. Pandey R.M. Cytotoxic effects of pesticides in somatic cells of *Vicia faba* L. *Cytol. Genet.* 2008. V. 42. P. 13-18.

398. Parte S. G., Kharat A. S. Aerobic degradation of clothianidin to 2-chloro-methyl thiazole and methyl 3-(thiazole-yl) methyl guanidine produced by *Pseudomonas stutzeri* smk. *Journal of Environment and Public Health*. 2019. 4807913.

399. Paul A., Nag S., Sinha K. Cytological effect of blitox on root mitosis

of *Allium cepa* L. International Journal of Scientific and Research Publications, 2013. V. 3, N 5. P. 14.

400. Pearce S.L., Pandey R., Dorrian S.J. et al. Genome sequence of the newly isolated chemolithoautotrophic bradyrhizobiaceae strain SG-6C. J Bacteriol 2011. V. 193. P. 50-57.

401. Pena A., Rodriguez-Liebana J.A., Mingorance M.D. Persistence of two neonicotinoid insecticides in wastewater, and in aqueous solutions of surfactants and dissolved organic matter. Chemosphere. 2011. V. 84. P. 464–470.

402. Persoone G., Baudo R., Cotman M. et al. Review on the acute *Daphnia magna* toxicity test – Evaluation of the sensitivity and the precision of assays performed with organisms from laboratory cultures or hatched from dormant eggs. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems. 2009. N. 393. 10.1051/kmae/2009012.

403. Phugare S.S., Jadhav J.P. Biodegradation of acetamiprid by isolated bacterial strain *Rhodococcus* sp. BCH2 and toxicological analysis of its metabolites in silkworm (*Bombax mori*). CLEAN–Soil Air Water. 2015. V. 43, N 2. P. 296-304.

404. Phugare S.S., Kalyani D.C., Gaikwad Y.B. et al. Microbial degradation of imidacloprid and toxicological analysis of its biodegradation metabolites in silkworm (*Bombyx mori*). Chem Eng J. 2013. N. 230. P. 27–35.

405. Pisa L.W., Amaral-Rogers V., Belzunces L.P. et al. Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. Environ Sci Pollut R 2015. V. 22. P. 68–102.

406. Pollack P. Fine Chemicals: The Industry and the Business, 2nd edn. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011. 312 p.

407. Puntener W. Manual for Field Trials in Plant Protection. Ciba-Geigy Limited, Basle, Switzerland, 1991. 205 p.

408. Rai R.K., Singh V.P. Upadhyay A. Planning and Evaluation of Irrigation Projects: Methods and Implementation. London: Elsevier Academic

Press, 2017. 678 p.

409. Rana S., Jindal V., Mandal K. et al. Thiamethoxam degradation by *Pseudomonas* and *Bacillus* strains isolated from agricultural soils. *Environ. Monit. Assess.* 2015. V. 187, N 5. P. 300.

410. Rashid B., Husnain T., Riazuddin S. Herbocodes and pesticides as potential pollutants. Plant adaptation and Phytoremediation. 2010. Part 2. P. 427-447

411. Reinecke A.J. A review of ecotoxicological test Methods using Earthworms . In *Ecotoxicology of Earthworms*. Editors Dr. P.W. Greig-Smith et al. 1992. P..7-19.

412. Reynolds S.G. The gravimetric method of soil moisture determination Part I A study of equipment, and methodological problems. *Journal of Hydrology*. 1970. V. 11, N 3. P. 258-273.

413. Review report for the active substance acetamiprid. European Commission, Health and Consumer Protection Directorate, SANCO/1392/2001 16 June 2004. 2004

414. Rinkevich F.D., Margotta J.W., Pittman J.M. et al. Genetics, Synergists, and Age Affect Insecticide Sensitivity of the Honey Bee, *Apis mellifera*. *PLoS ONE* 2015. V. 10, N 10. e0139841.

415. Rouchaud J., Gustin F., Wauters A. Soil biodegradation and leaf transfer of insecticide imidacloprid applied in seed dressing in sugar beet crops. *Bull Environ Contam Tox.* 1994. V. 53. P. 344–350.

416. Sabourmoghaddam N., Zakaria M.P., Omar D. Evidence for the microbial degradation of imidacloprid in soils of Cameron Highlands. *J Saudi Soc Agric Sci.* 2014. DOI:10.1016/j.jssas.2014.03.002.

417. Sarkar M.A., Roy, S., Kole, R.K., Chowdhur, A. Persistence and metabolism of imidacloprid in different soils of West Bengal. *Pest Management Science.* 2001. V. 57. P. 598–602.

418. Sauter H., Steglich W., Anke T. Strobilurine: Evolution einer neuen

Wirkstoffklasse. *Angewandte Chemie*. 1999. S. 1416—1438.

419. Schäfer R.B. et al. Future pesticide risk assessment: narrowing the gap between intention and reality. *Environmental Sciences Europe*. 2019. V. 31. №. 1. P. 21.

420. Scorza R.P., Smelt J.H., Boesten J.J.T.I. et al. Preferential flow of bromide, bentazon, and imidaclopridin a Dutch clay soil. *Journal of Environmental Quality*. 2004. V. 33. P. 1473–1486.

421. Scott G.R., Sloman K.A. The effects of environmental pollutants on complex fish behavior: integrating behavioural and physiological indicators of toxicity. *Aquat. Toxicol*. 2004. V.68. P.369–392.

422. Seagraves M.P., Lundgren J.G. Effects of neonicotinoid seedtreatments on soybean aphid and its natural enemies. *Journal of PestScience*. 2012. V. 85. P. 125–132.

423. Selim H.M., Jeong C.Y., Elbana T.A. Transport of imidaclopridin soils: miscible displacement experiments. *Soil Science*. 2010. V. 175. P. 375–381.

424. Shaikh N.S., Kulkarni S.V., Mulani M.S. et al. Biodegradation of imidacloprid, the new generation neurotoxic insecticide. *Int J Innov Res Sci Eng Technol*. 2014. V. 3. P. 16301–16307.

425. Sharma S., Singh B., Gupta V.K. Biodegradation of imidacloprid by consortium of two soil isolated *Bacillus* sp. *Bull Environ Contam Toxicol* 2014. V. 93. P. 637–642.

426. Shatkovskiy A.P., Romashchenko M.I., Vasyuta V.V. et al. Measurement of the cell sap concentration of plant's leaves for irrigation's scheduling. *Modern Phytomorphology* 2019. V.13. P. 54–57.

427. Shaw J. R. et al. *Daphnia* as an emerging model for toxicological genomics. *Adv. Exp. Biol*. 2008. V. 2. P. 165-328.

428. Shetti A.A., Kaliwal B.B. Biodegradation of imidacloprid by soil isolate *Brevunimonas* sp. MJ15. *Intern J Curr Res*. 2012. V. 4. P. 100–106.

429. Shetti A.A., Kaliwal R.B., Kaliwal B.B. Imidacloprid induced

intoxication and its biodegradation by soil isolate *Bacillus weihenstephanensis*. *British Biotechnol J.* 2014. V. 4. P. 957–969.

430. Shettigar M., Pearce S., Pandey R et al. Cloning of a novel 6-chloronicotinic acid chlorohydrolase from the newly isolated 6-chloronicotinic acid mineralizing Bradyrhizobiaceae strain SG-6C. *PLoS One.* 2012. V. 7. e51162.

431. Shivanandappa T., Rajashekar Y. Mode of action of plant derieved natural insecticides. In: Singh D (ed.). *Advances in Plant Biopesticides.* New Delhi, India: Springer, 2014. P. 317–322.

432. Silva J. L. de A., Fonseca R. S. A., Rietjens A. R. et al. Chemical and biological managment of white mold (*Sclerotinia sclerotiorum*) disease in irrigated common beans (*Phaseolus vulgaris*) cultivation. *African Journal of Agricultural Research*, 2018. V. 13, N 46, P. 2631-2640.

433. Simon-Delso N., Amaral-Rogers V., Belzunces L.P. et al. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. *Environ Sci Pollut R.* 2014, N 1. P. 5-34.

434. Skevas T., Lansink A.O., Stefanou S.E. Designing the emerging EU pesticide policy: A literature review. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences.* 2013. V. 64. P. 95-103.

435. Smídova K., Sera J., Bielska L., Hofman J. Influence of feeding and earthworm density on compound bioaccumulation in earthworms *Eisenia andrei*. *Environmental Pollution.* 2015. V. 207. P. 168-175.

436. Spurgeon D.J. A summary of eleven years progress in earthworm ecotoxicology: The 7th international symposium on earthworm ecology·Cardiff Wales 2002. *Pedobiologia.* 2003. V. 47. №. 5-6. P. 588-606.

437. Starner K., Goh K.S. Detection of the neonicotinoid insecticideimidacloprid in surface waters of three agricultural regions of California,USA, 2010–2011. *Bulletin of Environmental Contamination andToxicology.* 2012. V. 88. P. 316–321.

438. Stoner K.A., Eitzer B.D. Movement of soil-applied imidaclopridand

thiamethoxam into nectar and pollen of squash (*Cucurbita pepo*). *PLoS One*. V. 7. e39114.

439. Streissl F., Egsmose M., Tarazona J.V. Linking pesticide marketing authorisations with environmental impact assessments through realistic landscape risk assessment paradigms. *Ecotoxicology*. 2018. V. 27. №. 7. P. 980-991.

440. Suchail S, De Sousa G, Rahmani R et al. In vivo distribution and metabolisation of C-14-imidacloprid in different compartments of *Apis mellifera* L. *Pest Manag Sci*. 2004. V. 60. P. 1056–1062.

441. Suchail S., Guez D., Belzunces L.P. Characteristics of imidacloprid toxicity in two *Apis mellifera* subspecies. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2000. V. 19. P. 1901–1905.

442. Sur R., Stork A. Uptake, translocation and metabolism of imidacloprid in plants. *Bulletin of Insectology*. 2003. V. 56. P. 35–40.

443. Syngenta Material Safety Data Sheets of Actara 240SC. <https://www.syngenta-us.com/sds-label/actara>

444. Szendrei Z., Grafius E., Byrne A., Ziegler A. Resistance to neonicotinoid insecticides in field populations of the Colorado potato beetle (*Coleoptera: Chrysomelidae*). *Pest Management Science*. 2012. V. 68. P. 941–946.

445. Tang H.Z., Li J., Hu H.Y. et al. A newly isolated strain of *Stenotrophomonas* sp. hydrolyzes acetamiprid, a synthetic insecticide. *Process Biochem*. 2012. V. 47. P. 1820–1825.

446. Tapparo A., Marton D., Giorio C. et al. Assessment of the environmental exposure of honeybees to particulate matter containing neonicotinoid insecticides coming from corn coated seeds. *Environmental Science and Technology*. 2012. V. 46. P. 2592–2599.

447. The Prokaryotes. An evolving electronic resource for the microbiological community. Eds.: M.Dworkin, S.Falkow, E.Rosenberg, K.H.Schleifer, E.Stackebrandt. 3rd ed. Online version. Springer Link, 1999.

448. Thompson H. Popular Pesticides Linked to Drops in Bird Populations 2014. <http://www.smithsonianmag.com/science-nature/popular-pesticides-linked-drops-bird-population-180951971>

449. Thompson H.M., Fryday S.L., Harkin S. et al. Potential impacts of synergism in honeybees (*Apis mellifera*) of exposure to neonicotinoids and sprayed fungicides in crops. *Apidologie* 2014. V. 45. P. 545–553.

450. Thuyet D.Q., Jorgenson B.C., Wissel-Tyson C. Wash off of imidacloprid and fipronil from turf and concretesurfaces using simulated rainfall. *Science of the Total Environment/* 2012. V. 414. P. 515–524.

451. Tomizawa M., Casida J.E. Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of Selective Action. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*. 2005. V. 45. P. 247–268.

452. US EPA. Imidacloprid Pesticide Fact sheet United States Environmental Protection Agency. Washington, DC, 1994.

453. USEPA. White Paper in Support of the Proposed Risk Assessment Process for Bees. Office of Chemical Safety and Pollution Prevention, United States Environmental protection Agency, Washington DC, 2012.

454. Van der Sluijs J.P., Amaral-Rogers V., Belzunces L.P. et al. Conclusions of the Worldwide Integrated Assessment on the risks of neonicotinoids and fipronil to biodiversity and ecosystem functioning. *Environ Sci Pollut R* 2014. V. 22. P. 148-154.

455. Van Dijk T.C., Van Staalduinen M.A., Van der Sluijs J.P. Macroinvertebrate decline in surface water polluted with imidacloprid. *PLoS One* 2013. V. 8. e62374.

456. Van Dijk, T.C. Effects of neonicotinoid pesticide pollution of Dutch surface water on non-target species abundance. MSc Thesis, Utrecht University, Utrecht, 2010.

457. Van Dyck H., Van Strien A.J., Maes D., Van Swaay C.A.M. Declines

in common, widespread butterflies in a landscape under intense human use. *Conservation Biology*. 2009. V. 23. P. 957–965.

458. Vehovszky Á., Farkas A., Ács A. et al. Seasonal and size-related variation of subcellular biomarkers in quagga mussels (*Dreissena bugensis*) inhabiting sites affected by moderate contamination with complex mixtures of pollutants *Aquat. Toxicol.* 2015. N 7. P. 167-172.

459. Velásquez A.C. , Castroverde C.D.M., He S.Y. Plant and pathogen warfare under changing climate conditions. *Current Biology*. 2018. V. 28, N 10. P.619–634.

460. Walgenbach J., Bilbo T., Tussey D., Ogburn E. Comparison of Chemigation versus Foliar Insecticide Use: Management of Lepidopteran Larvae and Stink Bugs in North Carolina Field Tomatoes with Environmental and Farmworker Benefits. *Pest management science*. 2020. V. 77. P. 758-765.

461. Wang G, Chen X, Yue W et al. Microbial degradation of acetamiprid by *Ochrobactrum* sp. D-12 isolated from contaminated soil. *PLoS One* 2013. V. 8. e82603.

462. Wang G.L., Zhao Y.J., Gao H. et al. Co-metabolic biodegradation of acetamiprid by *Pseudoxanthomonas* sp. AAP-7 isolated from a long-term acetamiprid-polluted soil. *Bioresource Technol.* 2013. V. 150. P. 259–265.

463. Wang Y., Cang T., Zhao X. et al. Comparative acute toxicity of twenty-four insecticides to earthworm, *Eisenia foetida*. *Ecotoxicology and environmental safety*. 2012. V. 79. P. 122-128.

464. Whitehorn P., O'Connor S., Wackers F., Goulson D. Neonicotinoid pesticide reduced bumble bee colony growth and queen production. *Science*. 2012. V. 336. P. 351–352.

465. Williamson S.M., Wright G.A. Exposure to multiple cholinergic pesticides impairs olfactory learning and memory in honeybees. *J Exp Biol* 2013. V. 216. P. 1799–1807.

466. Wills E.A., Redinbo R.R., Perfekt J.R., Del Poeta M. New potential

targets for antifungal development. *Emerging Therapeutik Targets*. 2000.4, № 3. P. 1—32.

467. Wilson J.D., Evans A.D., Grice P.V. Bird conservation and agriculture: a pivotal moment? *IBIS*. 2010. V. 152. P. 176–179.

468. Wright J. New evapotranspiration crop coefficients. *J. of the Irrigation and Drainage Division*. 1982. V. 108. P. 57–74

469. Xie W, Meng Q-S, Wu Q-J et al. Pyrosequencing of the Bemisia tabaci transcriptome reveals a highly diverse bacterial community and a robust system for insecticide resistance. *PLoS One* 2012. V. 7. e35181.

470. Xiao K., Song M., Liu J., Chen H., Li D., Wang K. Differences in the bioaccumulation of selenium by two earthworm species (*Pheretima guillemi* and *Eisenia fetida*). *Chemosphere*. 2018. V. 202. P. 560-566.

471. Yang H, Wang X, Zheng J et al. Biodegradation of acetamiprid by *Pigmentiphaga* sp. D-2 and the degradation pathway. *Int Biodeter Biodegr* 2013. V. 85. P. 95–102.

472. Yao X.H., Min H. Isolation, characterization and phylogenetic analysis of a bacterial strain capable of degrading acetamiprid. *J Environ Sci-China* 2006. V. 18. P. 141–146.

473. Yasmin S. Effect of pesticides on the reproductive output of *Eisenia foetida*. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. 2007. V. 79. №. 5. P. 529-532.

474. Zhang H.J., Zhou Q.W., Zhou G.C. et al. Biotransformation of the neonicotinoid insecticide thiacloprid by the bacterium *Variovorax boronicumulans* strain J1 and mediation of the major metabolic pathway by nitrile hydratase. *J Agr Food Chem* 2012. V. 60. P. 153–159.

475. Zhao Y.J., Dai Y.J., Yu C.G. et al. Hydroxylation of thiacloprid by bacterium *Stenotrophomonas maltophilia* CGMCC1.1788. *Biodegradation* 2009. V.20. P. 761–768.

476. Zheng K, Liu Z, Li Y, Cui Y, Li M. Toxicological responses of

earthworm (*Eisenia fetida*) exposed to metal-contaminated soils. *Environmental Science and Pollution Research*. 2013. V. 20. P. 8382-8390.

477. Zhou G.C., Wang Y., Zhai S. et al. Biodegradation of the neonicotinoid insecticide thiamethoxam by the nitrogenfixing and plant-growth-promoting rhizobacterium *Ensifer adhaerens* strain TMX-23. *Appl Microbiol Biot* 2013. V. 97. P. 4065–4074.

478. Zhou G.C., Zhang Y., Sun S.-L. et al. Degradation of the neonicotinoid insecticide acetamiprid vai the N-carbamoylimine derivative (IM-1-2) mediated byt eh nitrile hydratase of the nitrogen-fixing bacteria *Ensifer meliloti* CGMCC733. *J Agr Food Chem*. 2014. V. 62. P. 9957–9964.

479. Zhou G., Wang Y., Ma Y. et al. The metabolism of neonicotinoid insecticide thiamethoxam by soil enrichment cultures, and the bacterial diversity and plant growth-promoting properties of the cultured isolates. *J. Environ. Sci. Heal*. 2014. V. 49. 381–390.

480. Zhou G., Wang Y., Zhai S. et al. Biodegradation of the neonicotinoid insecticide thiamethoxam by the nitrogen-fixing and plant-growth-promoting Rhizobacterium *Ensifer adhaerens* strain TMX23. *Appl. Microbiol. Biotechnol*. 2013. №97. P. 4065–4074.

ДОДАТКИ

Додаток А
Характеристика метеорологічних показників

Таблиця А.1

Характеристика метеорологічних показників вегетаційного періоду 2015 р.
(Київська обл., с. Бзів).

Місяць	Декада	Середньодобова температура повітря, С		Відносна вологість повітря, %		Сума опадів, мм	
		Фактична	Норма	Фактична	Норма	Фактична	Норма
Квітень	1	5,5		63		1,4	
	2	9		60		7	
	3	12,8		55		0,1	
	Середнє/ сума	9,1	6,7	59,3	74	8,5	43
Травень	1	12,9		68		16	
	2	14,7		62		21	
	3	19		66		34	
	Середнє/ сума	15,5	14,2	65,3	66,0	71	55
Червень	1	19,6		64		2	
	2	20,7		48		2	
	3	19,3		57		13	
	Середнє/ сума	19,9	17,3	56,3	67,0	17	68
Липень	1	22,4		53		7,1	
	2	19,5		61		15	
	3	22,8		62		33	
	Середнє/ сума	21,6	19,2	58,7	70	55,1	76
Серпень	1	24		49		1	
	2	22		53		1,2	
	3	21,7		50		0,1	
	Середнє/ сума	22,6	18,2	50,7	72,0	2,3	71

Таблиця А.2

Характеристика метеорологічних показників вегетаційного періоду 2016 р.
(Київська обл., с.Бзів).

Місяць	Декада	Середньодобова температура повітря, С		Відносна вологість повітря, %		Сума опадів, мм	
		Фактична	Норма	Фактична	Норма	Фактична	Норма
Квітень	1	12,9		55		2,4	
	2	13,2		68		60	
	3	11,2		59		6	
	Середнє/сума	12,4	6,7	60,7	74	68,4	43
Травень	1	15		60		15	
	2	13,3		79		69	
	3	17,9		71		63	
	Середнє/сума	15,4	14,2	70	66	147	55
Червень	1	17		56		7	
	2	19,9		71		8,2	
	3	24,8		63		0	
	Середнє/сума	20,6	17,3	63,3	67	15,2	68
Липень	1	20,5		61		14	
	2	23,5		59		7,4	
	3	23,1		64		25	
	Середнє/сума	22,47	19,2	61,	70	46,4	76
Серпень	1	22,8		59		0	
	2	18,4		70		22	
	3	21,9		63		6	
	Середнє/сума	21,0	18,2	64	72	28	71

Таблиця А.3

Характеристика метеорологічних показників вегетаційного періоду 2017 р.
(Київська обл., с.Бзів).

Місяць	Декада	Середньодобова температура повітря, С		Відносна вологість повітря, %		Сума опадів, мм	
		Фактична	Норма	Фактична	Норма	Фактична	Норма
Квітень	1	12,0		60		17	
	2	7,4		56		8,7	
	3	11,8		49		0,1	
	Середнє/сума	10,4	6,7	55	74	25,8	43
Травень	1	13,5		54		3	
	2	13,2		78		9,7	
	3	18,80		56		20	
	Середнє/сума	15,2	14,2	62,7	66	32,7	55
Червень	1	18,6		57		0,8	
	2	19,5		58		13	
	3	22		59		15	
	Середнє/сума	20,0	17,3	58	67	28,8	68
Липень	1	19,3		55		22	
	2	20,6		58		8,2	
	3	22,6		65		32	
	Середнє/сума	20,8	19,2	59,33	70	62,2	76
Серпень	1	24,8		62		22	
	2	25,6		53		0	
	3	17,1		69		36	
	Середнє/сума	22,5	18,2	61,33	72	58	71

Таблиця А.4
Характеристика метеорологічних показників вегетаційного періоду 2018 р.
(Київська обл., с.Бзів).

Місяць	Декада	Середньодобова температура повітря, С		Відносна вологість повітря, %		Сума опадів, мм	
		Фактична	Норма	Фактична	Норма	Фактична	Норма
Квітень	1	8,6		65		12	
	2	11,3		68		8	
	3	17,4		63		11	
	Середнє/ сума		6,7		74		43
Травень	1	21,6		40		9	
	2	16,5		55		17	
	3	20,5		41		0	
	Середнє/ сума		14,2		66		55
Червень	1	20,3		46		2	
	2	23,4		65		33	
	3	20,0		69		57	
	Середнє/ сума		17,3		67		68
Липень	1	19,7		56		13	
	2	21,7		65		19	
	3	22,7		74		53	
	Середнє/ сума		19,2		70		76
Серпень	1	22,7		53		1	
	2	23,7		53		6	
	3	21,8		50		4	
	Середнє/ сума		18,2		72		71

Таблиця А.5

**Характеристика метеорологічних показників вегетаційного періоду
2014 р. (Херсонська область, Олешківський р-н, с. Привітне,
стаціонарний метеорологічний пункт ДП «ДГ «Брилівське» ІВПіМ
НААН)**

Основні показники	Період вегетації 2014 р., місяці						Всього за вегетацію
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень (I- II декади)	
Температура повітря, °С а) середнє багаторічне	10,8	15,8	20,2	20,8	21,9	16,6	17,7
б) поточного 2014 р.	11,4	18,3	20,7	25,2	24,5	21,2	20,2
Опади, мм а) середнє багаторічне	28	38	46	40	33	28	213,0
б) поточного 2014 р.	15	65	47	30	0,7	11	168,7
Вологість повітря, % а) середнє багаторічне	71	68	64	60	54	66	63,8
б) поточного 2014 р.	66	71	65	58	52	58	61,7

Таблиця А.6

**Характеристика метеорологічних показників вегетаційного періоду
2015 р. (Херсонська область, Олешківський р-н, с. Привітне,
стаціонарний метеорологічний пункт ДП «ДГ «Брилівське» ІВПіМ
НААН)**

Основні показники	Період вегетації 2015 р., місяці						Всього за вегетацію
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень (I- II декади)	
Температура повітря, °С а) середнє багаторічне	10,8	15,8	20,2	20,8	21,9	16,6	17,7
б) поточного 2015 р.	9,5	17,4	21,4	23,8	24,3	20,8	19,5
Опади, мм а) середнє багаторічне	28	38	46	40	33	28	213,0
б) поточного 2015 р.	32	36	41	47	7	9	172,0
Вологість повітря, % а) середнє багаторічне	71	68	64	60	54	66	63,8
б) поточного 2015 р.	70	66	67	65	53	57	63,0

Таблиця А.7

**Характеристика метеорологічних показників вегетаційного періоду
2016 р. (Херсонська область, Олешківський р-н, с. Привітне,
стаціонарний метеорологічний пункт ДП «ДГ «Брилівське» ІВПіМ
НААН)**

Основні показники	Період вегетації 2016 р., місяці						Всього за вегетацію
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень (I- II декади)	
Температура повітря, °С а) середнє багаторічне	10,8	15,8	20,2	20,8	21,9	16,6	17,7
б) поточного 2016 р.	13,0	16,9	22,1	24,4	24,7	18,6	20,0
Опади, мм а) середнє багаторічне	28	38	46	40	33	28	213,0
б) поточного 2016 р.	40	66	61	25	45	21	258,0
Вологість повітря, % а) середнє багаторічне	71	68	64	60	54	66	63,8
б) поточного 2016 р.	68	74	69	58	58	63	65,0

Таблиця А.8

**Характеристика метеорологічних показників вегетаційного періоду
2017 р. (Херсонська область, Олешківський р-н, с. Привітне,
стаціонарний метеорологічний пункт ДП «ДГ «Брилівське» ІВПіМ
НААН)**

Основні показники	Період вегетації 2017 р., місяці						Всього за вегетацію
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень (I- II декади)	
Температура повітря, °С а) середнє багаторічне	10,8	15,8	20,2	20,8	21,9	16,6	17,68
б) поточного 2017 р.	10,1	14,9	21,7	23,5	25,1	21,8	19,52
Опади, мм а) середнє багаторічне	28	38	46	40	33	28	213,0
б) поточного 2017 р.	9	44	22,2	32,6	0	0	107,8
Вологість повітря, % а) середнє багаторічне	71	68	64	60	54	66	63,83
б) поточного 2017 р.	70,0	65,2	64,1	59,5	52,2	59,1	61,68

Таблиця А.9

**Характеристика метеорологічних показників вегетаційного періоду
2018 р. (Херсонська область, Олешківський р-н, с. Привітне,
стаціонарний метеорологічний пункт ДП «ДГ «Брилівське» ІВПіМ
НААН)**

Основні показники	Період вегетації 2018 р., місяці						Всього за вегетацію
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень (I- II декади)	
Температура повітря, °С а) середнє багаторічне	10,8	15,8	20,2	20,8	21,9	16,6	17,7
б) поточного 2018 р.	15,2	19,5	21,9	22,9	25,5	21,0	21,0
Опади, мм а) середнє багаторічне	28	38	46	40	33	28	213,0
б) поточного 2018 р.	0,0	12,8	8,2	112,1	62,0	15,6	216,7
Вологість повітря, % а) середнє багаторічне	71	68	64	60	54	66	63,8
б) поточного 2018 р.	52	47	45	54	44	67	51,5

Додаток Б

Таблиця Б.1

**Дисперсійний аналіз (ANOVA) впливу дози та тривалості дії
клотіанідину на кількість мікроорганізмів в ґрунті**

Параметр	Джерело варіювання	Ступені свободи	Середнє квадратичне	Відхилення	Відсоток варіювання (%)	F	p
Амоніфікувальні	Доза	3	2,4	0,8	5	1,7	0,167
	Час	3	38,1	12,7	85	27,7	< 0,001
	Доза х час	9	9,6	1,1	7	2,3	0,024
Імобілізатори мінерального азоту	Доза	3	53,9	18	35	15,9	< 0,001
	Час	3	80,7	26,9	53	23,8	< 0,001
	Доза х час	9	46	5,1	10	4,5	< 0,001
Педотрофні	Доза	3	9,1	3	15	2	0,129
	Час	3	28,4	9,5	45	6,1	0,001
	Доза х час	9	60,8	6,8	33	4,4	< 0,001
Фосфатмобілізувальні	Доза	3	0,1	0	28	2,5	0,071
	Час	3	0,2	0,1	50	4,5	0,006
	Доза х час	9	0,1	0	11	1	0,476
Актиноміцети	Доза	3	0,3	0,1	6	1,6	0,192
	Час	3	3,9	1,3	83	24,5	< 0,001
	Доза х час	9	1,1	0,1	8	2,3	0,028
Мікроміцети	Доза	3	582,7	194,2	41	30,6	< 0,001
	Час	3	722,8	240,9	50	37,9	< 0,001
	Доза х час	9	339,3	37,7	8	5,9	< 0,001
Азотобактер	Доза	3	15,9	5,3	7	0,8	0,518
	Час	3	142,8	47,6	59	6,9	< 0,001
	Доза х час	9	193,7	21,5	26	3,1	0,004

Таблиця Б.2

**Дисперсійний аналіз (ANOVA) впливу дози та тривалості дії
тіаметоксаму на кількість мікроорганізмів в ґрунті**

Параметр	Джерело варіювання	Ступені свободи	Середнє	Відхилення	Відсоток варіювання (%)	F	p
Амоніфікувальні	Доза	3	37,4	12,5	34	24,8	< 0,001
	Час	3	63,9	21,3	59	42,3	< 0,001
	Доза x час	9	17,2	1,9	5	3,8	< 0,001
Імобілізатори мінерального азоту	Доза	3	28,2	9,4	40	21,8	< 0,001
	Час	3	33,1	11	46	25,6	< 0,001
	Доза x час	9	26,3	2,9	12	6,8	< 0,001
Педотрофні	Доза	3	8,4	2,8	15	2,9	0,041
	Час	3	35	11,7	62	12,2	< 0,001
	Доза x час	9	30	3,3	18	3,5	0,001
Фосфатмобілізувальні	Доза	3	0,2	0,1	25	2,7	0,054
	Час	3	0,4	0,1	54	5,8	0,001
	Доза x час	9	0,2	0	11	1,2	0,330
Актиноміцети	Доза	3	0,4	0,1	7	2,1	0,105
	Час	3	4,3	1,4	82	25,6	< 0,001
	Доза x час	9	1,2	0,1	8	2,4	0,021
Мікроміцети	Доза	3	382,4	127,5	47	22,9	< 0,001
	Час	3	280,6	93,5	34	16,8	< 0,001
	Доза x час	9	417,9	46,4	17	8,4	< 0,001
Азотобактер	Доза	3	60,5	20,2	17	3,1	0,032
	Час	3	238	79,3	68	12,2	< 0,001
	Доза x час	9	96,5	10,7	9	1,7	0,12

Таблиця Б.3

**Дисперсійний аналіз (ANOVA) впливу дози та тривалості дії тіаклоприду
на кількість мікроорганізмів в ґрунті**

Параметр	Джерело варіювання	Ступені свободи	Середнє	Відхилення	Відсоток варіювання (%)	F	p
Амоніфікувальні	Доза	3	37,4	12,5	34	24,8	< 0,001
	Час	3	63,9	21,3	59	42,3	< 0,001
	Доза х час	9	17,2	1,9	5	3,8	< 0,001
Імобілізатори мінерального азоту	Доза	3	61,6	20,5	38	34,9	< 0,001
	Час	3	82,7	27,6	51	46,8	< 0,001
	Доза х час	9	47,1	5,2	10	8,9	< 0,001
Педотрофні	Доза	3	6,5	2,2	12	3,9	0,013
	Час	3	36,8	12,3	67	22	< 0,001
	Доза х час	9	30,2	3,4	18	6	< 0,001
Оліготрофні	Доза	3	1,1	0,4	6	0,7	0,032
	Час	3	12,5	4,2	70	8,3	0,250
	Доза х час	9	8,4	0,9	16	1,9	0,067
Фосфатмобілізувальні	Доза	3	0,1	0	42	3,1	0,092
	Час	3	0	0	19	1,4	< 0,001
	Доза х час	9	0,1	0	26	1,9	0,007
Актиноміцети	Доза	3	0,1	0	6	2,2	< 0,001
	Час	3	1,9	0,6	83	30,3	< 0,001
	Доза х час	9	0,5	0,1	8	2,8	< 0,001
Мікроміцети	Доза	3	311,1	103,7	34	33,2	< 0,001
	Час	3	552	184	60	59	< 0,001
	Доза х час	9	156,1	17,3	6	5,6	< 0,001
Азотобактер	Доза	3	85	28,3	43	11	< 0,001
	Час	3	73,8	24,6	38	9,5	< 0,001
	Доза х час	9	89,4	9,9	15	3,8	< 0,001

А К Т
виробничої перевірки науково-дослідної розробки

Місце виробничої перевірки: ДП «ДГ «Брилівське» ІВПіМ НААН.

1. Назва НДР: *Комбіноване внесення пестицидів для захисту томата розсадного від комплексу шкідників і хвороб.*
2. Відповідальні за проведення виробничої перевірки: *Мельничук Ф.С., Черевичний Ю.О.*
3. Площа – *6 га.*
4. Строк проведення досліджень – *травень 2019 р. – серпень 2019 р.*
5. Методика проведення досліджень:
Гібрид – *Лампо F1*. Строк садіння розсади – *14.05.19*, попередник – *пшениця озима*.
Технологія вирощування – *загальноприйнята*. Спосіб зрошення – *краплинний*.
В період вегетації проводились обстеження посівів для визначення розвитку хвороб листя і чисельності шкідників та встановлення необхідності проведення захисних заходів.
Внесення інсектициду проводили на *19-23 та 51-53 етапах* за шкалою ВВСН.
Використовували інсектицид *Актара 25 WG*, в. г.. Норма витрати – *0,09 кг/га*.
Перше внесення фунгіцидів здійснювали починаючи з *19-23 етапу*, наступні – *через 14 днів..*
Застосовували препарати *Квадріс 250 SC*, к. с. (*0,6 л/га*) та *Кабрію топ*, в.г. (*2,0 кг/га*).
6. Базовий варіант для порівняння.
Порівнювались контроль (без внесення фунгіцидів та інсектицидів), класичне внесення (обприскування), пестигація та комбіноване внесення.
7. Результати, які характеризують ефективність наукової розробки.
Основні господарські дані за результатами перевірки:
 - технічна ефективність проти колорадського жука: класичне внесення – *93,5%*, пестигація – *90,5%*, комбіноване внесення – *95,8%*.
 - технічна ефективність проти попелиць: класичне внесення – *93,0%*, пестигація – *86,0%*, комбіноване внесення – *95,6%*.
 - технічна ефективність проти фітофторозу: класичне внесення – *76,4%*, пестигація – *71,2%*, комбіноване внесення – *79,1%*.
 - технічна ефективність проти альтернаріозу: класичне внесення – *71,6%*, пестигація – *65,7%*, комбіноване внесення – *74,1%*.
 - урожайність: в контролі – *65,2 т/га*; класичне внесення – *86,03 т/га*; пестигація – *84,98 т/га*; комбіноване внесення – *88,55 т/га*.

Директор
ДП ДГ Брилівське ІВПіМ НААН

 Кібірленко І.І.

МП

«*02*» *09* 2019 р.

Заступник директора з наукової
роботи ІВПіМ НААН

 Шатковський А.П.

МП





А К Т
виробничої перевірки науково-дослідної розробки

Місце виробничої перевірки: ДП «ДГ «Брилівське» ІВПіМ НААН.


1. Назва НДР: *Комбіноване внесення пестицидів для захисту кукурудзи від комплексу шкідників та хвороб.*
2. Відповідальні за проведення виробничої перевірки: *Мельничук Ф.С., Черевичний Ю.О.*
3. Площа – 6 га.
4. Строк проведення досліджень – квітень 2019 р. – вересень 2019 р.
5. Методика проведення досліджень:
Гібрид – ДКС 5276. Строк посіву – 23.04.19, попередник – соя.
Технологія вирощування – загальноприйнята. Спосіб зрошення – краплинний.
У період вегетації проведено обстеження посівів для визначення розвитку хвороб листя і чисельності шкідників та встановлення необхідності проведення захисних заходів.
Внесення інсектициду проводили за появи перших особин кукурудзяного стеблового метелика, другу – через 14 днів. Використовували інсектицид Борей, КС (0,14 л/га).
Внесення фунгіциду проводили на 16-18 та 39-42 етапах за шкалою ВВСН. Застосовували Абакус, мк.с. (1,75 л/га).
6. Базовий варіант для порівняння.
Порівнювались контроль (без внесення фунгіцидів та інсектицидів), класичне внесення (обприскування), пестигація та комбіноване внесення.
7. Результати, які характеризують ефективність наукової розробки.
Основні господарські дані за результатами перевірки:
 - технічна ефективність проти шкідників: класичне внесення – 91,3%, пестигація – 85,1%, комбіноване внесення – 92,1%.
 - технічна ефективність проти північного гелмінтоспориозу: класичне внесення – 83,6%, пестигація – 87,1%, комбіноване внесення – 86,2%.
 - технічна ефективність проти іржі: класичне внесення – 94,0%, пестигація – 96,4%, комбіноване внесення – 97,6%.
 - технічна ефективність проти фузаріозу: класичне внесення – 91,9%, пестигація – 86,0%, комбіноване внесення – 89,5%.
 - урожайність: в контролі – 13,82 т/га; класичне внесення – 17,53 т/га; пестигація – 17,24 т/га; комбіноване внесення – 17,75 т/га.

Директор
ДП ДГ Брилівське ІВПіМ НААН


МП Кібірленко І.І.

«26» 10 2019 р.

Заступник директора з наукової
роботи ІВПіМ НААН


МП Шатковський А.П.



А К Т
виробничої перевірки науково-дослідної розробки

«9» вересня 2019 р.

1. Назва НДР: *Комбіноване внесення пестицидів для захисту томатів від комплексу шкідників та хвороб.*
2. Відповідальні за проведення виробничої перевірки: *Мельничук Ф.С.; Шутенко М.А. – агроном ТОВ «АПК-Артем».*
3. Площа – *2 га.*
4. Строк проведення досліджень – *травень 2019 р. – серпень 2019 р.*
5. Методика проведення досліджень:
Гібрид – *Лампо F1*. Строк висадки розсади – *14.05.19*, попередник – *пшениця озима*.
Технологія вирощування – *загальноприйнята*. Тип зрошення – *краплинне*.
В період вегетації проводились *обстеження посівів для визначення розвитку хвороб листя і чисельності шкідників та встановлення необхідності проведення захисних заходів.*
Внесення інсектициду проводили на *19-23 та 51-53 етапах за шкалою ВВСН.*
Використовували інсектицид *Актара 25 WG*, в. г.. Норма витрати – *0,09 кг/га.*
Перше внесення фунгіцидів здійснювали починаючи з *19-23 етапу*, наступні – *через 14 днів.*
Застосовували препарати *Квадріс 250 SC*, к. с. (*0,6 л/га*) та *Кабрію топ*, в.г. (*2,0 кг/га*).
6. З яким базовим варіантом проводилось порівняння.
Порівнювались контроль (без внесення фунгіцидів та інсектицидів), традиційна внесення, пестигація та комбіноване внесення.
7. Результати, які характеризують ефективність наукової розробки.
Основні господарські дані за результатами перевірки:
 - технічна ефективність проти колорадського жука: традиційне внесення – *94,0%*, пестигація – *91,5%*, комбіноване внесення – *96,0%*.
 - технічна ефективність проти попелиць: традиційне внесення – *92,0%*, пестигація – *86,5%*, комбіноване внесення – *94,0%*.
 - технічна ефективність проти фітофторозу: традиційне внесення – *75,0%*, пестигація – *70,1%*, комбіноване внесення – *78,5%*.
 - технічна ефективність проти альтернаріозу: традиційне внесення – *72,1%*, пестигація – *62,5%*, комбіноване внесення – *73,0%*.
 - урожайність: в контролі – *62,0 т/га*; традиційне внесення – *81,25 т/га*; пестигація – *78,62 т/га*; комбіноване внесення – *84,38 т/га*.

Агроном ТОВ "АПК-Артем"



Шутенко М.А.

Мельничук Ф.С.

А К Т
виробничої перевірки науково-дослідної розробки

«3» листопада 2019 р.

1. Назва НДР: *Комбіноване внесення пестицидів для захисту кукурудзи від комплексу шкідників та хвороб.*
2. Відповідальні за проведення виробничої перевірки: *Мельничук Ф.С.; Шутенко М.А. – агроном ТОВ «АПК -Артем».*
3. Площа – *5 га.*
4. Строк проведення досліджень – *квітень 2019 р. – вересень 2019 р.*
5. Методика проведення досліджень:
Гібрид – *ДКС 5276.* Строк посіву – *23.04.19,* попередник – *пшениця озима.*
Технологія вирощування – *загальноприйнята.* Тип зрошення – *краплинне.*
В період вегетації проводились обстеження посівів для визначення розвитку хвороб листя і чисельності шкідників та встановлення необхідності проведення захисних заходів.
Внесення інсектициду проводили за появи перших особин кукурудзяного стеблового метелика, другу – *через 14 днів.* Використовували інсектицид *Борей, КС (0,14 л/га).*
Внесення фунгіциду проводили на *16-18 та 39-42 етапах* за шкалою ВВСН. Застосовували *Абакус, мк.с. (1,75 л/га).*
6. З яким базовим варіантом проводилось порівняння.
Порівнювались контроль (без внесення фунгіцидів та інсектицидів), традиційна внесення, пестигація та комбіноване внесення.
7. Результати, які характеризують ефективність наукової розробки.
Основні господарські дані за результатами перевірки:
 - технічна ефективність проти шкідників: традиційне внесення – *89%,* пестигація – *84%,* комбіноване внесення – *91%.*
 - технічна ефективність проти північного гельмінтоспоріозу: традиційне внесення – *82%,* пестигація – *86%,* комбіноване внесення – *85%.*
 - технічна ефективність проти іржі: традиційне внесення – *93%,* пестигація – *95%,* комбіноване внесення – *96%.*
 - технічна ефективність проти фузаріозу: традиційне внесення – *91%,* пестигація – *85%,* комбіноване внесення – *88 %.*
 - урожайність: в контролі – *12,98 т/га;* традиційне внесення – *17,63 т/га;* пестигація – *16,12 т/га;* комбіноване внесення – *18,05 т/га.*

Агроном ТОВ "АПК-Артем"



Шутенко М.А.

Мельничук Ф.С.

А К Т
виробничої перевірки науково-дослідної розробки

«7» жовтня 2019 р.

1. Назва НДР: *Комбіноване внесення пестицидів для захисту сої від комплексу шкідників та хвороб.*
2. Відповідальні за проведення виробничої перевірки: *Мельничук Ф.С.; Шутенко М.А. – агроном ТОВ «АПК-Артем».*
3. Площа – *5 га.*
4. Строк проведення досліджень – *квітень 2019 р. – вересень 2019 р.*
5. Методика проведення досліджень:
Сорт – *Алмаз.* Строк посіву – *26.04.19,* попередник – *кукурудза.*
Технологія вирощування – *загальноприйнята.* Тип зрошення – *краплинне.*
В період вегетації проводились *обстеження посівів для визначення розвитку хвороб листя і чисельності шкідників та встановлення необхідності проведення захисних заходів.*
Внесення інсектициду проводили на *51-53 та 60-61 етапах за шкалою ВВСН.*
Використовували препарат *Альфазол SL, РК.* Норма витрати – *0,25 л/га.*
Внесення фунгіциду проводили на *51-53 та 60-61 етапах за шкалою ВВСН.* Застосовували *Кустодія, КС (1,0 л/га).*
6. З яким базовим варіантом проводилось порівняння.
Порівнювались контроль (без внесення фунгіцидів та інсектицидів), традиційна внесення, пестигація та комбіноване внесення.
7. Результати, які характеризують ефективність наукової розробки.
Основні господарські дані за результатами перевірки:
 - технічна ефективність проти попонуового трипса: традиційне внесення – 91%, пестигація – 93%, комбіноване внесення – 94%.
 - технічна ефективність проти сосвої вогнівки: традиційне внесення – 92%, пестигація – 83%, комбіноване внесення – 90%.
 - технічна ефективність проти септоріозу: традиційне внесення – 70%, пестигація – 67%, комбіноване внесення – 81%.
 - технічна ефективність проти антракнозу: традиційне внесення – 75%, пестигація – 61%, комбіноване внесення – 80%.
 - урожайність: в контролі – 4,2 т/га; традиційне внесення – 5,34 т/га; пестигація – 5,11 т/га; комбіноване внесення – 5,52 т/га.

Агроном ТОВ "АПК-Артем"



Шутенко М.А.

Мельничук Ф.С.

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Список опублікованих праць за темою дисертації

Монографії

1. Ретьман С.В., Лісовий М.П., Борзих О.І., Кислих Т.М., **Мельничук Ф.С.**, Ретьман М.С. Реєстраційні випробування фунгіцидів у сільському господарстві. Т. 1. / За ред. М.П. Лісового Київ: Колобіг, 2013. 296 с.

(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнено їх результати, підготовано книгу до друку).

2. Ретьман С.В., Борзих О.І., Кислих Т.М., Шевчук О.В., Горбачова Н.П., Віннічук Т.С., **Мельничук Ф.С.**, Марченко О.А., Ретьман М.С., Демчинська М.І., Коваль Г.В., Ящук В.У. Реєстраційні випробування фунгіцидів у сільському господарстві. Т. 2. Київ : Колобіг, 2014. 352 с.

(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнено їх результати).

3. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю.О., Малярчук М.П., **Мельничук Ф.С.** та ін. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Херсон. 2014. 286 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнено їх результати).*

4. **Мельничук Ф.С.?** Ретьман М.С., Лепешкін І.В., Механізми фунгіцидного захисту. Київ : Колобіг, 2014. – 192 с.

(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнено їх результати, підготовано книгу до друку).

Посібник

5. Каленіков А.Т, Жбанов В.В., Корюненко В.М., **Мельничук Ф.С.** Системи краплинного зрошення. Загальні технічні вимоги та методи

визначення технологічних параметрів: Посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи і споруди». Київ : ДІА. 2015. 200 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнено їх результати)*

Статті у наукових фахових виданнях України

6. Сергієнко В.Г., Охрімчук В.М., **Мельничук Ф.С.** Імуноцитофіт на овочах. *Захист рослин*. 2003. № 1. С. 13. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнено їх результати)*

7. Ромащенко М.І., Шатковський А.П., Конаков Б.І., **Мельничук Ф.С.** Ефективність внесення гербіцидів з поливною водою при мікродощуванні моркви. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. 2007. Вип. 105. С. 171-175. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*.

8. Лісовий М. П., Ретьман С. В., **Мельничук Ф. С.** Фунгіцидна резистентність грибів – збудників хвороб та шляхи її подолання. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 9. С. 19-21. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*.

9. **Мельничук Ф.С.** Ефективність фунгіцидів проти комплексу хвороб соняшника в умовах Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. №17. С. 450–453.

10. **Мельничук Ф.С.** Ефективність різних систем захисту картоплі від фітофторозу та альтернاریозу. *Науковий вісник НУБіП, Київ*. 2013. Вип. 183. С. 156–161.

11. Усата Л.Г., **Мельничук Ф.С.** Властивості зрошеного ґрунту після гіпсування. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Спеціальний випуск. Ґрунтознавство і меліорація ґрунтів. Харків : 2014. №2. С. 326. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*.

12. Семенко Л.О., Мельничук Ф.С. Значення застосування засобів хімізації у підвищенні врожайності та структури врожаю пшениці озимої. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спеціальний випуск. Охорона ґрунтів від ерозії і техногенного забруднення, рекультивация, агрохімія, біологія ґрунтів. 2014. № 3. С. 226–227. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

13. Мельничук Ф.С. Ефективність фунгіцидів проти хвороб моркви на зрошенні. *Карантин і захист рослин*. 2015. № 12. С. 10–11.

14. Мельничук Ф.С., Марченко О.А., Ретьман М.С. Цитотоксична дія фунгіцидних протруйників на паростки сої. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2015. Режим доступу до ресурсу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nd_2015_5_23.pdf (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

15. Мельничук Ф.С., Мельничук Л.М., Алексеєва С.А., Лікар С.П. Вплив стеблового кукурудзяного метелика на розвиток фузаріозу качана. *Карантин і захист рослин*. 2017. № 10-12. С. 21–24. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

16. Мельничук Ф.С., Алексеєва С. А., Гордієнко О. В. Захист картоплі від шкідливих організмів. *Меліорація і водне господарство*. 2019. Вип. 1 (109). С. 99-107. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

17. Мельничук Ф.С., Марченко О.А., Шатковський А.П., Мельничук Л.М, Ретьман М.С., Ничипорук О.М. Стан та перспективи вивчення ефективності дії пестицидів на продукційні процеси в умовах зрошення. *Меліорація і водне господарство*, 2019, № 2. С. 209 - 216. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх

результати, сформульовано висновки).

18. **Мельничук Ф.С.**, Алексеева С.А., Гордієнко О.В., Шатковська К.Б. Вплив зрошення на розвиток совки озимої в посівах пшениці озимої та кукурудзи. *Наукові доповіді НУБіП.* 2020. № 1 (83). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.01.003> *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

19. **Мельничук Ф.С.**, Алексеева С.А., Гордієнко О.В., Мельничук Л.М., Шатковська К.Б. Контроль чисельності ґрунтових шкідників кукурудзи за умов краплинного зрошення та дощування. *Меліорація і водне господарство.* 2020. Том 111, № 1. С. 86-94. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

20. **Мельничук Ф.С.**, Алексеева С. А., Гордієнко О. В., Мельничук Л.М., Шатковська К.Б. Ефективність інсектицидів проти основних фітофагів картоплі за дощування та краплинного зрошення. *Біологічні системи: теорія та інновації.* 2020. Том 11, № 3. С. 92 – 105. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

21. Шатковський А.П., Журавльов О.В., **Мельничук Ф.С.**, Овчатова І.М., Ярош А.В. Вплив способів зрошення на продуктивність кукурудзи. *Рослинництво та ґрунтознавство.* 2020. № 11 (4). С. 34-42. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

22. Ретьман М.С., **Мельничук Ф.С.**, Дрозд П.Ю., Марченко О.А. Фунгіцидні системи захисту картоплі, що застосовуються в умовах інтенсивних агротехнологій. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія,* 2015. Вип. 210, №1. С. 290-294. *(Здобувачем проведено*

експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

23. **Мельничук Ф.С.**, Марченко О.А., Васильєв А.А. Вплив зрошення на фітопатогенний комплекс на соняшнику в умовах Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. Серія: Сільськогосподарські науки – Херсон: ВД «Гельветика», 2020. Вип. 116. С. 32-41. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

24. **Мельничук Ф.С.**, Марченко О.А., Коваль Г.В.. Вплив неоникотиноїдних інсектицидів на мікробом ґрунту на зрошуваних землях. *Аграрні інновації*. 2020. № 3. С. 45-53 *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

25. **Мельничук Ф.С.**, Марченко О.А., Шатковський А.П., Коваленко І.О. Особливості захисту овочевих культур в умовах зрошення. *Наукові горизонти*. 2020. №12. С. 36-45. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

Статті у виданнях, занесених до WoS Core Collection

26. Shatkovskyi A., Romashchenko M., Vasyuta V., Zhuravlov O., Melnychuk F., Cherevychnyi Yu., Shatkovska K., Yarosh H. Measurement of the cell sap concentration of plant's leaves for irrigation's scheduling // *Modern Phytomorphology* 13: 54-57. 2019. DOI: 10.5281/zenodo
<https://www.phytomorphology.com/articles/measurement-of-the-cell-sap-concentration-of-plants-leaves-for-irrigations-scheduling.pdf> *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати).*

27. Shatkovskiy A.P., Romashchenko M.I., Zhuravlov O.V., Vasyuta V.V., **Melnychuk F.S.**, Ovchatov I.M., Yarosh A.V., Semenko L.O. Evaluation of the «Penman-Monteith» model for determination of soybeans' evapotranspiration in irrigated conditions of the Steppe of Ukraine. *Modern Phytomorphology*. 2020. Vol. 14. P. 115-118. DOI: [10.5281/zenodo.4449887](https://doi.org/10.5281/zenodo.4449887)
<https://zenodo.org/record/4449887#.YCDC0ugzbIU>

(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати).

Статті у закордонних періодичних виданнях

28. Ретьман С. В., Борзых А.И., Кислых Т.Н., Стригун А.А., Сторчоус И.Н., Шевчук О.В., **Мельничук Ф.С.** Защита сои. *Защита и карантин растений*. 2015. №4. С. 53–88. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати).

29. **Melnichuk F.**, Melnichuk L., Alekseeva S., Retman S., Hordiienko O. Neonicotinoids against sucking pests on winter wheat stands in the Forest-Steppe Zone of Ukraine. *Annals of agrarian science*. 2019.Vol.17, N2. P. 175-179. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

30. Шатковский А.П., Семенко Л.О., **Мельничук Ф.С.** Основные аспекты внесения фунгицидов с поливной водой на системах капельного орошения плодовых насаждений. *Сборник научных трудов ФГБНУ «РосНИИППМ»*. Новочеркасск, 2013. С. 171–175. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

31. **Melnichuk F.**, Marchenko O., Fedak G., Xue A. Cytotoxic effects of chemical seed treatments on soybean seedlings. *Phytopathology*. 2014. V. 104 (Suppl. 3). P. 79-82. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).

Патент на корисну модель

32. Деклар. пат. на корисну модель № 20014 Україна, МПК А01В 79/02. Спосіб внесення гербіцидів при мікродощуванні моркви. Ромащенко М.І., Корюненко В.М., **Мельничук Ф.С.**, Шатковський А.П. (Україна) – № 2006 06223. Заявл. 05.06.2006. Опубл. 15.01.2007., Бюл. Промислова власність №1.

Тези доповідей на наукових конференціях

33. **Мельничук Ф.С.**, Мельничук Л.М., Алексеева С.А. Влияние стеблового кукурузного мотылька на развитие фузариоза кукурузы. Материалы международной научно-практической конференции «Эпидемии болезней растений: мониторинг, прогноз, контроль». Большие Вяземы, 2017. С. 196-203. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

34. **Мельничук Ф.С.**, Алексеева С. А., Гордієнко О. В. Вплив якісних характеристик води на ефективність застосування пестицидів. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Вода для всіх», присвяченої Всесвітньому дню водних ресурсів (21 березня 2019 р., ІВПіМ, м. Київ). Київ, 2019. С. 207-208. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

35. **Мельничук Ф.С.**, Марченко О. А., Ретьман М.С., Мельничук Л.М. Застосування пестицидів в інтегрованих системах захисту просапних культур за краплинного зрошення. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Вода для всіх», (Київ, 21 березня 2019 р., К.: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2019. С. 195-196. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

36. **Мельничук Ф.С.**, Мельничук Л.М, Шатковська К.Б. Роль біомаркерів в оцінці токсичного впливу на водні екосистеми. Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю «Екологічні та

гігієнічні проблеми сфери життєдіяльності людини», (Київ, 12 березня 2019 р., К.: Національний медичний університет імені О.О. Богомольця). С. 108-109. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

37. Шатковський А.П., Семенко Л.О., **Мельничук Ф.С.** Застосування інокулянтів і фунгіцидів на сої в умовах зрошення. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції 22.03.13. – К., 2013. – С. 57. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

38. Ретьман С.В., Кислих Т.М., **Мельничук Ф.С.** Захист озимої пшениці від септоріозу листя в Лісостепу України. Всеукраїнська науково-практичної конференції присвяченої 100-річчю з дня народження академіка В. Ф. Пересипкіна «Фітопатологія: Сучасність і майбутнє». – К., 2014. – С. 97-99. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

39. Retman S., Kozub N., Kyslykh T., Shevchuk O., Karelov A., **Melnychuk F.** *Tilletia controversa* JG Kühn on winter wheat in Ukraine. 11th Conference of the European Foundation for Plant Pathology. Healthy plants - healthy people. – Kraków, Poland, 2014. – P. 176. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

40. **Мельничук Ф.С.**, Марченко О.А., Мельничук Л.М. Влияние фунгицидных систем защиты озимой пшеницы на количественные и качественные показатели урожая. Материалы Международной конференции Защита зерновых культур от болезней, вредителей, сорняков: достижения и проблемы. Большие Вяземы, 2016. – С. 423-427. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

41. **Мельничук Ф.С.**, Шатковська К.Б. Особливості моделювання міграції пестицидів в при внесенні з поливною водою на базі моделі PEARL. Матеріали III науково-практичної конференції «Краплинне зрошення як основна складова інтенсивних агротехнологій XXI століття». – К., 2016. – С. 56 – 58. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

Методичні рекомендації

42. Ромащенко М.І., Корюненко В.М., Матвієць О.Г., Сніговий В.С., Копестиренський Й.К., Яцюк З.Ф., Удовенко В.В., Каленіков А.Т., Безрук В.В., Жбанов В.В., Шатковський А.П., Рябков С.В., Усатий С.В., Яцюк В.С., Ромащенко Д.М., Плотникова Т.А., Дячок О.В., Дудинець Ф.Н., Сич З.Д., Хареба В.В., Мацейко Л.М., Кутовенко В.Б., Гунько С.М., Вітанов О.Д., Ящук А.І., Хареба О.В., Лимар В.А., Лимар А.О., Писаренко В.А., Бугаєва І.П., **Мельничук Ф.С.**, Балюк С.А., Башинський В.Л. Технології вирощування овочевих культур при краплинному зрошенні в умовах України (рекомендації). К., ІГіМ УААН., 2006.126 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

43. Ромащенко М. І., Шатковський А. П., Усата Л. Г., Рябков С. В., Черевичний Ю. О., Васюта В. В., Удовенко В. В., Журавльов О. В., **Мельничук Ф.С.**, Усатий С. В., Капелюха Т. А., Семенко Л. О., Балюк С. А., Носоненко О. А., Захарова М. А., Афанасьєв Ю. О., Вожегова Р. А., Писаренко П. В., Люта Ю. О., Онопрієнко Д. М. Методичні рекомендації з проведення польових досліджень за краплинного зрошення / за науковою редакцією М. І. Ромащенка. – Київ, 2014. – 46 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

44. **Мельничук Ф.**, Марченко О., Купедінова Р., Мельничук Л., Ничипорук О., Ретьман М. Рекомендації з технології застосування пестицидів на просапних культурах в умовах краплинного зрошення. К., 2018. 36 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки).*

Статті в інших періодичних виданнях

45. Купединова Р., **Мельничук Ф.**, Марченко О., Минза Ф. Практические аспекты эксплуатации поливной сети систем капельного орошения. *Овощеводство*. 2017 № 2. С. 62-64. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*

46. **Мельничук Ф.**, Алексеева С., Марченко О., Ничипорук О. Захист картоплі від шкідливих організмів. *Овочівництво*. 2018. № 7/8. С. 50-54. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*

47. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексеева С. Захист капусти білоголової від сходів до збирання врожаю. *Овочівництво*. 2018. № 9. С. 34-38. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*

48. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексеева С. Особливості захисту моркви від шкідливих організмів. *Овочівництво*. 2018. № 10. С. 41-45. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*

49. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексеева С., Ємець В. Захист часнику від бур'янів та шкідників. *Овочівництво*. 2018. № 11. С. 46-47. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)*

50. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексєєва С. Фітофаги цибулі та захист від них. *Овочівництво*. 2018. № 12. С. 47-49. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)

51. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексєєва С. Захист цибулі ріпчастої від бур'янів. *Овочівництво*. 2018. № 12. С. 44-46. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)

52. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексєєва С. Вітамінна зелень також потребує захисту. *Овочівництво*. 2019. № 1 (164). С. 160-162. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)

53. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексєєва С. Захист зеленних овочевих від фітофагів. *Овочівництво*. 2019. № 1 (164). С. 163-166. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)

54. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексєєва С. Хвороби розсади томатів. *Овочівництво*. 2019. № 2 (165). С. 164-166. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)

55. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексєєва С. Система заходів захисту розсади. *Овочівництво*. 2019. № 2 (165). С. 170-172. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)

56. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексєєва С. Вітамінна зелень також потребує захисту. *Овочівництво*. 2019. № 3 (166). С. 168-172. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)

57. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексєєва С. Шкідники й хвороби спаржі. *Овочівництво*. 2019. № 6 (169). С. 144-146. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)

58. **Мельничук Ф.**, Гордієнко О., Алексєєва С. Захист рослин огірка від шкідливих організмів. *Овочівництво*. 2019. № 6 (169). С. 148-152. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано та узагальнено їх результати, сформульовано висновки)