

23. Desneux N., Wajnberg E., Wyckhuys K. A. Biological invasion through herbivore-induced plant invasiveness: the role of proteinase inhibitors. *Molecular Ecology*. 2010.
24. Delrio G., Cocco A., & Deliperi S. Prospettive e limiti dell'impiego di feromoni sessuali per la lotta contro la tignola del pomodoro. *Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia*. 2012. P. 103–109.
25. Faria C. A., Wackers F. L., Pritchard J. Aphid host range and non-host range plant volatiles. *Entomologia experimentalis et applicata*. 2007. P. 225–233.
26. Haji F. N. P., Oliveira C. A. V., Amorim Neto M. S., Batista J. G. S. Flutuação populacional da traça do tomateiro no Submédio São Francisco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 1988. P. 7–14.
27. Guedes R. N. C., Smagghe G., Stark J. D., Desneux N. Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. *Annual review of entomology*. 2016. P. 43–62.
28. Guerrieri E., Poppy G. M., Powell W., Rao R., & Pennacchio F. Plant-to-plant communication within intact plants of *Cucumis sativus* L. *Plant. Cell & Environment*. 2002. P. 441–450.
29. Lietti M. M., Botto E. N., Alzogaray R. A. Insecticide resistance in Argentine populations of *Tuta absoluta* (Meyrick). *Neotropical Entomology*. 2005. P. 113–119.

УДК 633.854.78:632.91:004.94

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.4>

СПЕЦИФІКА БІОЛОГІЧНОГО ЗАХИСТУ КОНДИТЕРСЬКОГО СОНЯШНИКУ

Гармашов В.В. – д.с.-г.н., с.н.с.,

старший науковий співробітник науково-дослідного відділу автоматизації,
приладобудування та експериментальної техніки,
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка»
Національної академії аграрних наук України

Ходорчук В.Я. – виконуючий обов'язки директора,
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка»
Національної академії аграрних наук України

Чернова І.С. – к.т.н.,

провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу автоматизації,
приладобудування та експериментальної техніки,
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка»
Національної академії аграрних наук України

Щербаков В.Я. – д.с.-г.н., професор,
професор кафедри польових і овочевих культур,
Одеський національний аграрний університет

Аверчев О.В. – д.с.-г.н., професор, заслужений діяч науки і техніки,
професор кафедри землеробства,
Херсонський державний аграрно-економічний університет

У статті науково обґрунтовано актуальність вирощування екологічно чистого кондитерського соняшнику та доцільність використання біологічних препаратів.

*Мета досліджень – визначення особливостей вирощування екологічно чистого кондитерського соняшнику. Вивчено кліматичні умови Степової зони України як одну зі складових вирощування кондитерського соняшнику: є можливість забезпечення біологічної потреби рослин у теплових ресурсах у період посів – повна стиглість для сортів і гібридів від скоростиглої до пізньостиглої груп стиглості. У технології вирощування соняшнику некеріваність потоками ринку його насіння призводить до підвищення інфікованості насіння, перерозподілу пріоритетів у видовому складі насінневої мікрофлори та безперешкодного поширенню збудників хвороб на посівах кондитерського соняшнику. Посів необхідно проводити тільки протрусним насінневим матеріалом, на основі результатів фітоекспертизи насіння. В останні роки створено високопродуктивні сорти і, особливо, гібриди кондитерського соняшнику, які в силу гомозиготності не мають комплексної стійкості до різних захворювань, гірше пристосовані до хімічного захисту. Тому для них, як показали наші п'ятирічні дослідження, особливо важливим та необхідним є використання препаратів на основі активних штамів грибів-антагоністів роду *Trichoderma*, *Bacillus subtilis*, *Penicillium* та ін. Вони здатні пригнічувати розвиток широкого спектру фітопатогенних грибів та синтезувати фізіологічно активні метаболіти. Дослідженнями встановлено, що під їх впливом інфекційний фон у посівах цієї культури зменшувався на 40–70 % та у чотирьох з п'яти років був на рівні, який склався при використанні таких загальновідомих хімічних фунгіцидів як Екстра, СК, Хорус ВДГ, Танос та Піктор. Акцентовано увагу на застосування препарату біологічного походження Хелафіт органік від комплексу збудників хвороб – вірусних, бактеріальних та грибних. У складі цього препарату крім мікроелементів, коректорів імунітету, є йод і комплекс амінокислот. Термін дії обробки Хелафітом становить 25–30 днів. Присутність цього препарату у складі протруйника стимулює процеси проростання насіння, формування імунітету рослин та сприяє підвищенню врожайності до 1,5–2 ц/га. Запропоновано онтологію вирощування екологічно чистого соняшнику як основу розроблення інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень в управлінні його виробництвом.*

Ключові слова: біологічні препарати, екологія, вирощування, управління, онтологія.

Garmashov V.V., Khodorchuk V.Ya., Chernova I.S., Shcherbakov V.Ya., Averchev O.V.
Specifics of biological protection of confectionery sunflower

*The article scientifically substantiates the relevance of growing ecologically clean confectionery sunflower and the expediency of using biological preparations. The purpose of the research is to determine the features of growing ecologically clean confectionery sunflower. The climatic conditions of the Steppe zone of Ukraine were studied as one of the components of the cultivation of confectionery sunflower: there is a possibility of ensuring the biological needs of plants in thermal resources during the sowing period – full maturity for varieties and hybrids from early to late maturity groups. In sunflower cultivation technology, the uncontrollable market flow of its seeds leads to an increase in seed contamination, a redistribution of priorities of the species composition of seed micro flora, and the unhindered spread of pathogens on confectionery sunflower crops. Sowing should be carried out only with poisoned seed material, according to the results of phytoexpertise of the seeds. In recent years, high-yielding varieties and, especially, hybrids of confectionery sunflower have been created, which, due to homozygosity, do not have complex resistance to various diseases, and are less adapted to chemical protection. Therefore, as our five-year research has shown, it is especially important and necessary for them to use preparations based on active strains of antagonistic fungi of the genus *Trichoderma*, *Bacillus subtilis*, *Penicillium*, etc. They are able to suppress the development of a wide range of phytopathogenic fungi and synthesize physiologically active metabolites. Research established that under their influence, the infectious background in the crops of this culture decreased by 40–70 % and in four out of five years it was at the level that occurred when using such well-known chemical fungicides as Extra, SK, Horus VDG, Thanos and Pictor. Attention is focused on the use of the drug of biological origin Helafit organic, which protects plants from a complex of pathogens – viral, bacterial and fungal. In addition to trace elements, immune correctors, this drug contains iodine and a complex of amino acids. The validity period of Helafit processing is 25–30 days. The presence of this drug in the composition of the poison stimulates the processes of seed germination, the formation of plant immunity and helps to increase the yield to 1.5–2 c/ha. The ontology of the cultivation of ecologically clean sunflower is proposed as the basis for the development of an intelligent decision support system in the management of its production.*

Key words: biological preparations, ecology, cultivation, management, ontology.

Постановка проблеми. Історія соняшнику сягає своїм корінням у третє тисячоліття до нашої ери. На той час ця культура вирощувалась північноамериканськими індіанцями. Насіння її використовували в їжу, виготовляли олію, використовували як ліки, виробляли барвники. До Європи соняшник потрапив у 1510 році. Спершу їм прикрашали клумби. Пізніше із диких видів селекціонери отримали великоплідний сорт. У 1716 році в Англії було зареєстровано патент на отримання соняшnikової олії.

Соняшник (*Helianthus annuus L.*) входить до трійки найбільш значущих олійних культур рослин у світі (поряд із соєю та ріпаком) і одна з двох найбільш олійних культур в Європейському Союзі разом із ріпаком (United States Department of Agriculture – USDA, 2017) [1]. Україна є одним із основних світових виробників насіння та продуктів переробки соняшнику [2].

Нині соняшник в Україні є високоліквідною культурою, вирощування якої забезпечує господарствам отримання високого й сталого прибутку. На ринку України існує стабільний попит як на обрушені, так і на цілі сім'янки великоплідного соняшнику [3].

В останні роки в Україні актуалізація нарощування обсягів виробництва кондитерського насіння соняшнику переростає в необхідність, що обумовлено не лише його біологічною цінністю, а й мізерним раціоном харчування населення в Україні та й бідним і не збалансованим раціоном прилеглих держав, включаючи країни Євросоюзу. Якщо в даний час його частка в структурі посівних площ коливається близько 4 % [4], то найближчими роками вона може збільшитися до 5 % і навіть більше.

Кондитерський соняшник привертає увагу споживачів завдяки смаковим і харчовим властивостям, які зумовлені цінним жирнокислотним складом олії, високим умістом вітамінів, мінералів і рослинного білка [5]. Соняшник кондитерського гатунку є представником крупнонасіневої форми цієї олійної культури. Основна частина кондитерського соняшнику експортується у країни Євросоюзу для використання в кондитерських виробках [6]. Технологія виробництва кондитерського соняшнику вимагає максимального обмеження застосування пестицидів та інших речовин, які, акумулюючись у насінні, несприятливо позначаються на його біологічній цінності та смакових якостях. Кондитерський соняшник є «нишовою» культурою та нерідко його посіви розміщують у відносно невеликих фермерських господарствах, де він часто вирощується в монокультурі або зі значними порушеннями у чергуванні попередніх культур. Це спричиняє ще більше пестицидне навантаження. Кондитерський соняшник безпосередньо вживається в їжу, тому виключно важливим є екологічна чистота сім'янки, що не допускає перевищення максимально допустимого рівня шкідливих речовин [7]. Підготування або перероблення кондитерського соняшнику, який вживається в їжу, характеризується відносно низьким технологічним рівнем. Значна його частина безпосередньо використовується в харчуванні після неглибокого прожарювання у кондитерських виробках, а також у вигляді гризового насіння. Ця умова особливо актуалізує значення екологічно чистої сировини. Більше того, на ринку дуже рідко зустрічається офіційно зареєстрована продукція кондитерського соняшника з екологічно чистою сировини. Саме ці умови спричиняють актуальність та комерційний успіх вирощування цієї культури, а також збільшення його площ, використовуючи при цьому біологічні засоби захисту, зокрема, біологічні препарати, що є однією із задач реалізації органічного землеробства [8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На відміну від хімічних засобів захисту, біофунгіциди не мають негативної післядії, оскільки їх біоагенти

є складовою природної мікрофлори ґрунту [9]. Відомі дослідження щодо впливу біологічних препаратів на продуктивність соняшнику, зокрема:

– за обробки насіння соняшнику біопрепаратом МікоФренд в нормі витрати 6 л/т врожайність насіння соняшнику була вищою на 0,24–0,3 т/га ніж на контрольних ділянках [10];

– застосування біодобрива Байкал ЕМ-1 при вирощуванні соняшнику в зоні південного Степу України з нормою 20 л/га за два тижні до сівби призвело до збільшення його врожайності на 0,4–0,5 т/га [11];

– використання комплексу біофунгіцидів (Фітодоктор + Триходермін) має важливу роль в прирості врожайності соняшнику та сприяло захисту його рослин від листостеблових хвороб [12].

Постановка завдання. Мета статті – визначення особливостей вирощування екологічно чистого кондитерського соняшнику. Методи досліджень – аналітичний, структурного синтезу, польового досліду, експериментальний.

Виклад основного матеріалу дослідження. Зміни клімату та коливання погодних умов зворотно віддзеркалюються на виробництві сільськогосподарської продукції та ринковій кон'юнктурі [8]. Клімат Степової зони України цілком відповідає вирощуванню кондитерського соняшнику. Саме з цієї причини енергетичні витрати на адаптаційні та переадаптаційні процеси у кондитерського соняшнику є мінімальними, що забезпечує високі ймовірні показники мінімізації зменшення врожаю. Виходячи з цього, кліматичні умови Степової та навіть Лісостепової зони дають можливість забезпечити біологічну потребу рослин кондитерського соняшнику у теплових ресурсах у період посів – повна стиглість для сортів і гібридів від скоростиглої до пізньостиглої груп стиглості. Разом з тим, погодні умови конкретного року є важливим фактором, який модифікує продукційні процеси та у комплексі з іншими агротехнічними прийомами значно впливають на поширеність та розвиток хвороб, чисельність шкідників та їх шкідливість на посівах соняшнику.

Степова зона України відноситься до регіону з підвищеною активністю шкідливих об'єктів при великій різноманітності їх видів (більше 130). Це зумовлено не тільки багаточисельністю видів диких рослин, але й значною відмінністю ґрунтових умов на невеликій території поля або господарства [13]. М'яка та нетривала зима, широка мережа лісозахисних насаджень, природних лісів сприяють задовільному збереженню шкідників та збудників хвороб, у тому числі кондитерського соняшнику. Посіви цієї культури фітосанітарно є більш вразливими через необґрунтовано вузьку спеціалізацію, відмову від сівозмін; широке вирощування генетично однорідних сортів та гібридів сільськогосподарських рослин. При цьому дуже висока частка олійних культур з перевагою соняшнику. Така концентрація посівів привертає до частих спалахів популяцій шкідливих комах та епіфітотійному розвитку хвороб. Часто мінлива погода посилює ці процеси. Ці причини потребують використання біологічного методу захисту рослин.

Важливо і зростання інтересу громадськості не тільки до охорони навколишнього середовища та об'єктивна оцінка екологічних наслідків застосування пестицидів, але головним чином гострий дефіцит продукції кондитерського соняшнику з екологічно чистої сировини.

У технології вирощування соняшнику некерованість потоками ринку його насіння призводить до підвищення інфікованості насіння, перерозподілу пріоритетів у видовому складі насінневої мікрофлори та безперешкодному поширенню збудників хвороб на посівах кондитерського соняшнику. У зв'язку з цим посів необхідно проводити тільки протруєним насіннєвим матеріалом, на основі

результатів фітоекспертизи насіння – цей захід дозволяє запобігти первинному інфікуванню. Однак одним протруюванням насіння часто не обійтись. Насіннєвий матеріал соняшнику надходить у господарства вже обробленим проти шкідників та хвороб, але не завжди ця обробка відповідає встановленим стандартам, що підтверджується розвитком хвороб та, особливо, ушкодженнями шкідниками на ранніх стадіях розвитку.

На підставі наших багаторічних досліджень хвороб сільськогосподарських культур, у тому числі кондитерського соняшнику, визначено, що формування патогенної флори рослин пов'язано з мінливістю мікроорганізмів. Внаслідок зміни їхньої вірулентності виникають нові форми прояву вже відомих хвороб. Встановлено, що найбільш широкого практичного використання серед антагоністів набули гриби із родів *Trichoderma*, *Trichothecium*, променисті гриби (*Actinomyces sp.*), бактерії (*Pseudomonas aurefaciens*, *Bacillus subtilis* та ін.) та продукти їх життєдіяльності.

В останні роки створено високопродуктивні сорти і, особливо, гібриди кондитерського соняшнику, які в силу гомозиготності не мають комплексної стійкості до різних захворювань, гірше пристосовані до хімічного захисту. Тому для них, як показали наші п'ятирічні дослідження, особливо важливим та необхідним є використання препаратів на основі активних штамів грибів-антагоністів роду *Trichoderma*, *Bacillus subtilis*, *Penicillium* та ін. Вони здатні пригнічувати розвиток широкого спектру фітопатогенних грибів та синтезувати фізіологічно активні метаболіти. Дослідженнями встановлено, що під їх впливом інфекційний фон у посівах цієї культури зменшувався на 40–70 % та у чотирьох з п'яти років був на рівні, який склався при використанні таких загальновідомих хімічних фунгіцидів як Екстра, СК, Хорус ВДГ, Танос та Піктор.

Не менш обнадійливі та стабільніші результати отримано при застосуванні лінійки препаратів торгової марки Хелафіт і особливо Хелафіт органік, який з огляду на свою багатоконпонентність контролює значний спектр імуностимулюючих процесів, що забезпечує комплексну стійкість і до хвороб [14]. Препарат Хелафіт органік сертифіковано в органічному землеробстві (сертифікат «Органік Стандарт» № 15-3012-01) як добриво, фунгіцид та стимулятор росту [15]. Він захищає рослини від комплексу збудників хвороб – вірусних, бактеріальних та грибних. У складі цього препарату крім мікроелементів, коректорів імунітету, є йод і комплекс амінокислот. Термін дії обробки Хелафітом становить 25–30 днів. При звичайному фунгіцидному обробленні – 14 днів. При цьому дозу фунгіцидів можна зменшити на 30–50 %. Ефективність цього препарату у порівнянні з мікробіологічними три роки з п'яти до була вище, а два роки була на одному рівні. Більш того, у ці два роки інфекційний фон був достатньо низьким. Таким чином, використання препаратів лінійки Хелафіт є економічно, та екологічно обґрунтованим. Більш того, при вегетаційних обробках крупність насіння зростала на 7–9 %, що є особливим для кондитерського соняшника. Спостерігається поліпшення якості вирощеної сільськогосподарської продукції та підвищення загального обсягу врожаю. Здійснюється зміцнення імунітету рослин, з метою підтримання стійкості несприятливим факторам, таким як посухи або хвороби [16].

Дослідженнями встановлено, що присутність препарату Хелафіт органік у складі протруйника стимулює процеси проростання насіння, формування імунітету рослин та сприяє підвищенню врожайності до 1,5–2 ц/га. Проте у складі робочої рідини необхідно додатково посилити триходермою та бацилярними препаратами (на основі штаму D-24) для придушення бактеріальної,

грибної та вірусної інфекції на соняшнику. Разом з тим, використання препаратів Хелафіт насіння та Хелафіт комбі має деякі переваги у порівнянні з препаратом Хелафіт органік, але ці препарати рекомендовані для звичайного землеробства.

Важливим аспектом підвищення ефективності отримання екологічно чистого кондитерського соняшнику є управління його вирощуванням, використовуючи при цьому інтелектуальні інформаційні технології на основі онтологій, створюючи при цьому базу знань із застосуванням досвіду фахівців та сучасних програмних засобів для підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності. Відомі дослідження щодо управління знаннями експертів, здатних надати вказівки для діагностики та профілактики комах-шкідників, зокрема, базована на онтології система підтримки прийняття рішень для боротьби з комахами-шкідниками цукрової тростини, рису, сої та какао [17].

Так, онтологію вирощування екологічно чистого соняшнику OVS представлено у вигляді [18]:

$$OVS = \langle A, B, C \rangle, \quad (1)$$

де A – скінченна непорожня множина концептів предметної галузі (агробіоценоз, ґрунтово-кліматичні умови, хвороби, шкідники, біологічні препарати та кількість обробок препаратами); B – скінченна множина співвідношень між концептами; C – скінченна множина функцій інтерпретації, визначених на множині концептів та/або співвідношень онтології предметної галузі.

Висновки і пропозиції. Визначено, що:

- кліматичні умови Степової зони України відповідають формуванню повноцінних врожаїв кондитерського соняшнику;
- збільшення виробництва кондитерського соняшнику є доцільним як для внутрішнього ринку, так і для експорту;
- вирощування екологічно чистого кондитерського соняшнику необхідно проводити із використанням біологічних препаратів;
- використання препаратів торгової марки Хелафіт (Хелафіт органік та Хелафіт насіння) забезпечує найбільш ефективне збільшення продукційних процесів та стабілізацію імунітету цієї культури.

Перспективами подальших досліджень є розроблення нових прийомів збільшення продуктивності та імунітету агробіоценозів кондитерського соняшнику та розроблення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень на основі онтологій, що інтегрують знання про особливості вирощування у конкретному агробіоценозі, враховуючи кліматичні умови, аналіз ґрунту, наявність хвороб та шкідників, кількість обробок біологічними препаратами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Melnyk, A., Akuaku, J., Makarchuk, A. State and prospects of sunflower production in Ukraine. *Agro for International Journal*. 2017 № 2. 3. P. 116–123. URL: <https://doi.org/10.7251/AGRENG1703116M> (дата звернення: 09.06.2023).
2. Hladni, N., Miladinović, D. Confectionery sunflower breeding and supply chain in Eastern Europe. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. 2019 № 26. 29. 9. URL: <https://doi.org/10.1051/ocl/2019019> (дата звернення: 12.06.2023).
3. Леонова Н., Андрієнко В. Соняшник для кондитерської галузі: нові перспективи. *Агробізнес Сьогодні*. 2020. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/18863-soniashnyk-dlia-kondyterskoi-haluzi-novi-perspektyvy.html> (дата звернення: 07.06.2023).

4. Pilorgé, E. Sunflower in the global vegetable oil system: situation, specificities, and perspectives. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. 2020. № 27. 34. 1–11. URL: <https://doi.org/10.1051/ocf/2020028> (дата звернення: 12.06.2023).
5. Макляк К., Коркодола М. Агротехнічні заходи вирощування кондитерського соняшнику. *Агрономія сьогодні*. 2023. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/26877-ahrotekhnichni-zakhody-vyroshchuvannia-kondyterskoho-soniashnyku.html> (дата звернення: 07.06.2023).
6. Перевалов Л. І., Фадєєв Л. В., Тимченко В. К., Д'яченко М. В. Технологічні аспекти одержання високоякісного ядра соняшнику для кондитерської промисловості. *Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ»*. 2020. № 5 (1359). С. 51–55. URL: <https://doi.org/10.20998/2220-4784>. 2020.05.08 (дата звернення: 07.06.2023).
7. ДСТУ 7011:2009. Соняшник. Технічні умови. [Чинний від 2010.01.01] Київ. Держспоживстандарт України. 2010. 11 с. (Інформація та документація).
8. Гончарук І. В., Ковальчук С. Я., Цицюра Я. Г., Лутковська С. М. Динамічні процеси розвитку органічного виробництва в Україні: монографія. Вінниця : ТОВ Твори, 2020. 478 с.
9. Комок М. Біологічні засоби для органічного виробництва. *Агрономія Сьогодні*. 30.01.2017. URL: <http://agro-business.com.ua/ahrami-kultury/item/8793-biologichni-zasoby-dlia-orhanichnoho-vyrobnystva.html> (дата звернення: 08.06.2023).
10. Шкатула Ю.М. Вплив біологічних препаратів на продуктивність соняшнику. *The scientific heritage (Budapest, Hungary)*, 2020. № 44. Р. 17–23. URI: <http://socrates.vsau.edu.ua/repository/getfile.php/23801.pdf> (дата звернення: 08.06.2023).
11. Кохан А.В. Екологічно чиста технологія вирощування соняшнику. *Науково-технічний бюлетень інституту олійних культур НААН*. 2011. № 16. С. 108–111. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpiok_2011_16_21 (дата звернення: 08.06.2023).
12. Комок М. Як збільшити врожайність соняшнику, додавши в обробку біопрепарати. *Агроповідник*. 2020. URL: <https://enzim-agro.com/agrodirectory/yak-zbilshiti-vrozhajnist-sonyashnyku-dodavshi-v-obrobku-biopreparati/> (дата звернення: 23.07.2023).
13. Кохан А.В. Біодобрива в технології вирощування соняшнику. *Бюлетень Інституту зернового господарства НААН України*. 2010. № 39. С. 121–123. URL: <https://institut-zerna.com/library/pdf39/35.pdf> (дата звернення: 23.07.2023).
14. Гармашов В., Ходорчук В., Баркар В. и др. Стресс, иммунитет и продуктивность растений. *Аграрний тиждень. Україна*. 2017. № 4 (318). С. 47–49. URL: <https://a7d.com.ua/plants/34850-stress-immunitet-i-produktivnost-rasteniy.html> (дата звернення: 08.07.2023).
15. Гавран І., Прокіпець С., Єзерковська Л. та ін. Перелік допоміжних продуктів та методів дозволених для використання в органічному виробництві з врахуванням вимог органічних стандартів Європейського Союзу. Київ: ТОВ «Органік Стандарт», 2022. 172 с. URL: https://templates.organicstandard.ua/loads/Inspection%20and%20Certification/ru/Перечень_рус.pdf (дата звернення: 18.07.2023).
16. Аверчев О. В. , Нікітенко М. П. Біологічні методи боротьби з хворобами на посівах проса. *International scientific journal GRAIL OF SCIENCE*, № 1 (February, 2021) с. 176–179. URL: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/68302605/Grail_of_Science_1_2021_198_782_PB_.pdf?1627229004=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3D68302605.pdf&Expires=1690371759&Signature=dGH1JLLyC4iBysjZqACkhnL-e12EnSihEi~griEkpNvtErNb7I~KpG1IyKh6-NjaSmOB6Ly3c082YDT8YNYXsI8V5~13nFhYijCJ7mflbyDyVOpW3XqQzyaltsnwJeBH3D-QvvnvgDzhUGqGRQua1QjYIPqqmYfeoFmCU9ncNMbc9oyvgABDVnCwmJxGTOvk5jrQBSTQiP6bOQF4~SWOd6C70Jd9jBzQTmC3e4aA8~5nnrX5KTI0f3Z9xIfJV1jWa24KyL-JaRKBkDXhj4tUoSUC6ktZ1CgmmmmNZgkdC3iLLd8xVLVNbwdhIAzBn3PD7v0L8bgVAOTjaaGzQyOaoN0A_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA#page=177 (дата звернення: 18.07.2023).

17. Lagos-Ortiz, K., Medina-Moreira, J., Morán-Castro, C. et al. An Ontology-Based Decision Support System for Insect Pest Control in Crops. 4th International Conference, Guayaquil, Ecuador, November 6–9, 2018, URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-00940-3_1 (дата звернення: 18.07.2023).

18. Піднебесна Г. А. Онтології та їх значення для розвитку сучасних інформаційних технологій. *Індуктивне моделювання складних систем*. Збірник наукових праць. Київ : МННЦ ІТС НАН та МОН України, 2017. Вип. 9. С. 174–187. URI: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/133651> (дата звернення: 23.07.2023).

UDC 631.453

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.5>

SOIL CONTAMINATION WITH HEAVY METALS AND REMEDIATION MEASURES

Gutsol G.V. – Candidate of Agricultural Sciences,

Senior Lecturer at the Department of Ecology and Protectionenvironment,

Vinnitsia National Agrarian University

Mazur O.V. – Assistant at the Department of Ecology and Protectionenvironment,

Vinnitsia National Agrarian University

Analysis of soil contamination with heavy metals showed that the concentration was lead – 2.52 mg/kg, cadmium – 0.22, zinc and copper – 3.53 mg/kg in the field crop rotation, forest plantations – 1.20 mg/kg, 0.12, 4.30 and 2.27 mg/kg, respectively. The use of organic fertilizers reduces lead honey by 1.11 times in soil, cadmium by 2.75, zinc by 1.42 and copper by 1.42 times, respectively. The use of microfertilizers reduced the intensity of contamination of melliferous with heavy metals, namely, lead – by 2.31 times, cadmium – by 11 times, zinc – 1.42 and copper – by 1.25 times. The intensity of soil contamination was reduced by the introduction of lead residue – by 3.2 times, cadmium – by 2.75 times, zinc – by 1.25 and copper – by 1.42 times. It is also necessary to note a decrease in the intensity of soil contamination of agricultural honey plants by heavy metals for the use of siderates, in particular lead – by 3.15 times, cadmium, zinc, copper, 2.44, 2.9 and 1.8 times compared to similar indicators on soils without fertilizer.

The use of green manure resulted in a 3.15, 2.44, 2.9 and 1.8-fold reduction in the intensity of soil pollution of agricultural land with lead, cadmium, zinc and copper compared to the same indicators on soils without fertilisation.

When using manure, the efficiency of lead reduction was 2.8 times lower compared to organic fertilisers, 1.4 times lower for microfertilisers, and 1.03 times lower for green manure. When using microfertilisers, the effectiveness of cadmium reduction was 4 times lower compared to the use of organic fertilisers and manure, and the use of green manure was 4.5 times lower.

The effectiveness of zinc reduction in the soil with the use of green manure was 2.3 times lower compared to the use of manure, microfertilisers and organic fertilisers, and the effectiveness of copper reduction with the use of green manure was 1.2 times lower compared to the application of manure and organic fertilisers, and 1.4 times lower compared to the use of microfertilisers.

Key words: soil, heavy metals, lead, zinc, copper, cadmium, humus, monitoring, pollution, concentration, All-Ukrainian Scientific and Educational Consortium.

Гуцол Г.В., Мазур О.В. Забруднення ґрунтів важкими металами та ремедіаційні заходи

Аналіз забруднення ґрунту важкими металами показав, що концентрація свинцю становила 2,52 мг/кг, кадмію – 0,22, цинку та міді – 3,53 мг/кг та 1,20 мг/кг відповідно. Внесення органічних добрив та мікропрепаратів сприяє зниженню вмісту важких металів у ґрунтах сільськогосподарських угідь. Застосування органічних добрив знижує вміст