



Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 633.819.2.632.9

© 2026

БІОЛОГІЧНИЙ ТА ІНТЕГРОВАНИЙ ЗАХИСТ ХМЕЛЮ І ЙОГО ВПЛИВ НА ПОКАЗНИКИ ҐРУНТУ

О.В. Венгер¹, О.П. Стецюк², Н.А. Федорчук³, О.П. Шевчук⁴

^{1, 2}кандидати сільськогосподарських наук

Інститут сільського господарства Полісся

Національної академії аграрних наук України

шосе Київське, 131, м. Житомир, 10007, Україна

e-mail: ¹venger_o@ukr.net, ²alex.stecyuk@ukr.net, ³fedorchuk1978@ukr.net,

⁴olga88shevchuk@ukr.net

ORCID: ¹0000-0002-2213-4670, ²0000-0001-8872-537X,

³0009-0006-2324-1239, ⁴0009-0009-5436-0531

Надійшла 08.08.2025

Мета. Розробити системи захисту хмелю для екологічного виробництва хмелепродукції та відновлення біологічної активності ґрунту. **Методи.** Польовий (обстеження хмеленасаджень, облік і дослідження динаміки розвитку шкочочинних організмів хмелю, оцінювання ураження рослин, визначення ефективності препаратів), лабораторний (аналіз уражених рослин хмелю), ваговий (облік збереженого врожаю), морфологічний (встановлення біометричних параметрів рослин), математико-статистичний (оцінювання достовірності одержаних результатів, встановлення кореляційних зв'язків і розрахунків). **Результати.** Дослідження проводили у 2021 – 2025 рр. на дослідних ділянках (ґрунт — дерново-підзолистий супіщаних відмін із неоднорідним хімічним і гранулометричним складом ґрунтотворних порід) хмеленасаджень Інституту сільського господарства Полісся НААН (м. Житомир). Здійснювали порівняльне оцінювання різних систем захисту хмеленасаджень: біологічної — з використанням біологічних препаратів, пасток, настоїв інсектицидних рослин; екологізованої — яка передбачає заміну хімічних пестицидів для обприскування баковими сумішами препаратів біологічного походження зі зменшеною нормою хімічного пестициду, а також використання затруєних принад і внесення до кореневища рослини затруєного хімічними інсектицидами вологонакопичувача; традиційної (інтенсивної) — з 9 обприскуваннями

рекомендованими й зареєстрованими засобами захисту. Визначали накопичення в ґрунті важких металів — продуктів розкладання пестицидів, зміни параметрів агрохімічних показників ґрунту, зокрема зниження вмісту легкогідролізного азоту, рухомих форм фосфору та обмінного калію. Доведено, що під час обприскування за ширини незайнятих міжрядь 3,0 м до 40% робочих розчинів препаратів потрапляють у ґрунт і впливають на його реакцію. Відзначено підкислення верхнього шару ґрунту у варіанті із застосуванням традиційної системи захисту хмелю, а також зафіксовано зниження вмісту легкогідролізного азоту на 32%, рухомих форм фосфору — на 13, обмінного калію — на 37%. Екологізована та біологічна системи мали тенденцію до незначного накопичення зазначених елементів живлення. У варіантах за традиційної та частково екологізованої систем захисту хмелю від шкідливих організмів, де використовували хімічні пестициди, спостерігали підвищення в ґрунті вмісту важких металів: міді, цинку, марганцю, свинцю. **Висновки.** Біологічна система захисту дає змогу стабілізувати екологічну рівновагу в екосистемі хмеленасаджень, оптимізувати обсяги застосування хімічних засобів, а також мінімізувати негативний вплив на довкілля.

Ключові слова: системи захисту хмелю, агрохімічні показники ґрунту, важкі метали, пестициди, агрохімія.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202601-02>

Для пивоварної та фармацевтичної промисловостей хміль (*Humulus lupulus* L.) є стратегічною культурою, вирощування якої має важливе значення для економіки окремих регіонів України. Однак сучасні хмелеплантації зазнають значного комплексного впливу шкідників і хвороб, які знижують продуктивність та якість шишок хмелю. Традиційні системи захисту ґрунтуються переважно на хімічних пестицидах, застосування яких забезпечує короткостроковий ефект, але призводить до накопичення їх залишків у ґрунті, зниження біологічної активності мікробіоти та потенційних ризиків для довкілля.

За даними аналізу фітосанітарного стану насаджень хмелю в хмелегосподарствах, досягти їх високої продуктивності можна завдяки жорсткій спеціалізації виробництва, вирощуванню районованих сортів та активному

використанню потужних техногенних чинників (сільгосптехніки і пестицидів), однак це спричиняє порушення природних механізмів регуляції в агроекосистемі плантацій і суміжних природних системах, а також погіршення фітосанітарного стану агроценозів. Застосування екологічно безпечної технології вирощування хмелю дає змогу зменшувати антропогенне навантаження на екосистему хмільника, підтримувати стабільну продуктивність, пришвидшувати природний процес ґрунтовідновлення, поліпшувати якісні характеристики здоров'я людини, ґрунту, флори і фауни прилеглих територій, частково розширювати можливості для забезпечення депресивних сільськогосподарських територій робочими місцями й покращувати інфраструктуру села, а також підвищувати якісні показники хмелепродукції

в пивоварінні, фармакології, медицині та хлібопеченні.

Хмелярство — важлива галузь сільськогосподарського виробництва. Вирощуванням хмелю в Україні займаються 15 господарств, розташованих у 4 областях і 8 районах країни. Центром українського хмелярства є Житомирська обл., де сконцентровано майже 80% хмеленасаджень [1, 2]. Найбільш цінна рослинна сировина — це шишки, які мають не лише смакові та ароматичні, а й антибіотичні, антиокисні та лікувальні властивості. До їх складу входить понад 400 різних сполук. Хміль містить дуже багато фітогормонів і токоферолів, комплекс вітамінів (С, Н, РР, В₃, В₆, F, провітамін А), понад 90 поліфенольних сполук, 220 компонентів ефірних олій зі специфічним приємним ароматом, велику кількість гірких речовин, яких більше ніде немає [3–5]. Стабілізація галузі хмелярства та її подальший стійкий розвиток, спрямований на задоволення зростаючих потреб у високоякісній хмелесировині, багато в чому залежать від ефективності застосовуваних технологій. Сучасні технології мають забезпечувати оптимальні умови для реалізації біологічного потенціалу рослин і нарощування їх продуктивності на основі оптимізації виробничих процесів, а також підвищення родючості ґрунту й збереження непоновлюваних природних ресурсів [6, 7]. Технологія вирощування хмелю порівняно з технологією вирощування інших культур є набагато складнішою. Біологічні особливості культури потребують застосування комплексу взаємопов'язаних технологічних операцій, своєчасне та якісне виконання яких сприяє швидкому формуванню площі асиміляційного апарату й високого врожаю.

Хміль вирощують на одному місці понад 15–20 років, і майже щороку він значною мірою пошкоджується різними шкідниками й уражується збудниками хвороб. Монокультура і відсутність

сівозміни створюють умови для формування особливого агроценозу на рослинах хмелю та рослинності, яка межує з насадженнями [8–10]. Інтенсивна система захисту хмелю повністю не забезпечує регулювання чисельності шкідливих видів комах і контроль за розвитком хвороб [11]. Щорічне інтенсивне застосування хімічних пестицидів від шкідливих фітопатогенів у хмеленасадженнях призводить до пришвидшеного відбору стійких рас і популяцій шкідників або збудників хвороб та виникнення в них резистентності, що змушує застосовувати максимальні норми витрат пестицидів із постійним їх чергуванням [12]. Масове використання пестицидів забруднює біоценози та водні ресурси, завдає шкоди людині й довкіллю. Останніми роками спостерігали значні зміни погодних умов, часті ґрунтові посухи з високою температурою повітря на початку росту рослин хмелю і впродовж усієї вегетації, періоди з опадами в межах норми або їх надлишком [13]. Автори [14–19] зазначають, що сучасний напрям агро-екологічної системи захисту вирощуваних рослин ураховує агротехнічні заходи, ступінь стійкості вирощуваних сортів до хвороб і шкідників, чисельність та ефективність ентомофагів (факторів, що формують екологічне середовище агробіоценозу), а також застосування хімічних і біологічних засобів.

Світові тенденції в хмелярстві спрямовані на екологізацію технологій вирощування, зокрема застосування біологічних засобів захисту рослин (БЗЗР) та інтегрованих систем. У роботах [20–23] показано ефективність біологічних агентів проти шкідників і хвороб хмелю. Однак в Україні питання їх впливу на агрохімічні та біологічні показники ґрунту вивчено недостатньо.

Провідні вчені за кордоном також постійно вдосконалюють технології й системи контролю шкідливих організмів, розробляючи біологічні та екологічно безпечніші заходи, що впливають на

формування якісного й планового врожаю вирощуваних культур. У країнах із давніми традиціями хмелярства — Німеччині, Чехії, Польщі та США — дедалі більшого поширення набувають біологічні та інтегровані системи захисту. Дослідження [24–26] показали, що використання біопрепаратів на основі *Beauveria bassiana*, *Trichoderma spp.* та *Bacillus subtilis* не лише зменшує чисельність шкідників і патогенів, а й сприяє стабілізації агрохімічних показників ґрунту. Згідно з даними авторів [27], інтегровані підходи до поєднання біологічних і хімічних засобів дають змогу на 30–40% знизити пестицидне навантаження без втрати ефективності. Екологічні системи захисту рослин не лише знижують хімічне навантаження, а й сприяють збереженню та поліпшенню ґрунтового біотичного потенціалу. У публікації [28] висвітлено здатність ендоефітних грибів контролювати фітопатогени в хмеленасадженнях, тобто з'явилися нові біологічні засоби, які можуть бути включені в технології захисту рослин. У роботі [29] відзначено, що біологічні засоби та агротехнічні заходи сприяють поліпшенню структури ґрунту, зменшенню ущільнення й стабілізації поживних речовин.

Науковці Інституту сільського господарства Полісся НААН постійно розробляють нові підходи до захисту рослин хмелю і зменшення негативного впливу пестицидів на довкілля. Саме такими є інтегровані системи захисту рослин природоохоронного спрямування, які планують і реалізують з урахуванням особливостей розвитку шкідливих організмів та пошкоджених ними рослин. Комплекс профілактичних заходів, що входять до системи, спрямований на пригнічення популяції шкідників і збудників захворювань. Водночас системи мають передбачати впровадження стійких сортів і гібридів, а також раціональне застосування пестицидів, біопрепаратів та ефективних ентомофагів для захисту

від шкідливих організмів, що гарантує високу врожайність [30–32]. В умовах глобальних змін клімату виникає потреба в більш глибокому науковому аналізі агроекологічної системи багаторічних насаджень хмелю, проведенні фундаментальних досліджень зі створення нових форм і сортів хмелю, стійких до шкідників та хвороб, й адаптованих до умов Полісся України. Актуальним є вивчення взаємозв'язку між системами захисту хмелю й агрохімічними показниками ґрунту з метою наукового обґрунтування переходу до екологічно безпечних технологій вирощування.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в комплексному вивченні впливу різних систем захисту хмелю (біологічної, екологізованої та хімічної) на агрохімічні показники ґрунту хмелелантацій та екологічний стан агроєкосистеми. Вперше проведено порівняльний аналіз динаміки вмісту гумусу, основних елементів живлення (азоту, фосфору, калію) і показників кислотності ґрунту залежно від застосовуваної системи захисту.

Мета досліджень — розробити теоретичні та інноваційно-технологічні засади ведення хмелярства з елементами екологічного виробництва для підвищення природної біологічної активності ґрунту, відновлення балансу поживних речовин і поліпшення якісних показників шишок хмелю.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили у 2021–2025 рр. на дослідних ділянках хмеленасаджень в Інституті сільського господарства Полісся (ІСГП) НААН (м. Житомир). Виробничу перевірку, апробацію результатів, упровадження елементів дослідної роботи здійснювали в хмелярських господарствах Житомирської обл.: ПП «Зарічне» та ФГ «Еліта хміль» відповідно до загальноприйнятих методик [33–37].

Для агрохімічного оцінювання ґрунту перед закладанням і в період збирання врожаю було відібрано зразки з двох

1. Агрохімічні показники ґрунту перед закладанням дослідів (дослідна хмелеплантація ІСГП НААН) 2021 р.

Система захисту	Шар ґрунту, см	Гумус, %	pH _{сол}	N легкогідролізний	P ₂ O ₅	K ₂ O
				мг/кг		
Традиційна	0–20	0,90	5,9	46	420	92
	20–40	0,10	5,4	37	305	71
Екологізована	0–20	1,00	6,0	49	409	103
	20–40	0,20	5,5	39	300	78
Біологічна	0–20	0,90	6,0	50	412	101
	20–40	0,20	5,5	39	298	75

горизонтів: 0–20 і 21–40 см. Моніторинг запасів продуктивної вологи в ґрунті здійснювали впродовж вегетаційного періоду рослин хмелю.

У зразках ґрунту визначали такі агрохімічні показники: гумус — за ДСТУ (перед закладанням і закінченням дослідів) [38], органічну речовину — методом спалювання (перед закладанням і закінченням дослідів), pH_{сол} та гідролітичну кислотність — потенціометрично, азот лужногідролізний — за Корнфілдом [39], фосфор і калій — методом Кірсанова [39], важкі метали — методом атомно-абсорбційної спектроскопії.

Результати досліджень. Для захисту хмелю від шкідливих організмів вносять мінеральні добрива, здійснюють до 9 обприскувань за сезон, 3–4 розпушування міжрядь і 2 підгортання рядків хмелю, які не завжди є ефективними та екологічно безпечними. Їх використання призводить до накопичення в ґрунті важких металів і продуктів розпадання пестицидів, зміни параметрів агрохімічних показників ґрунту, зокрема до зниження вмісту легкогідролізного азоту, рухомих форм фосфору, обмінного калію. З урахуванням цього нами розроблено екологізовану й біологічну системи захисту хмеленасаджень від основних шкідників і збудників хвороб. Екологізована система передбачає заміну обприскувань

хімічними препаратами баковими сумішами препаратів біологічного походження зі зменшеною нормою хімічного пестициду, використанням затруєних принад і внесення затруєного суперабсорбенту до кореневища рослини хімічними інсектицидами. Біологічний захист рослин полягає у використанні біологічних препаратів, пасток, настоїв інсектицидних рослин.

Основні показники якості ґрунту перед проведенням досліджень на ділянках із застосуванням біологічної та екологізованої систем захисту впродовж періоду вирощування хмелю наведено в табл. 1.

Агрохімічні показники, одержані під час аналітичних досліджень: вміст гумусу в шарі ґрунту 0–20 см становить 0,9–1,0%, у шарі 20–40 см — 0,1–0,2%, що характерно для дерново-підзолистого ґрунту. Кислотність ґрунту варіює в межах 5,4–6,1 од., тобто реакція є слабкокислою, що сприяє вирощуванню культури хмелю. Основні показники вмісту елементів живлення для хмелеплантації свідчать про середню забезпеченість рухомих фосфором (295–420 мг/кг) і низьку — обмінним калієм (70–105 мг/кг). Після завершення досліджень було відібрано й проаналізовано зразки ґрунту щодо змін основних якісних показників (табл. 2).

Встановлено, що за обприскування хмеленасаджень із шириною незайнятих

2. Агрохімічні показники ґрунту після проведення дослідів (дослідна хмелеплантація ІСПП НААН) (середнє за $n = 3$, $P \geq 0,95 \pm$ стандартне відхилення), 2025 р.

Система захисту	Шар ґрунту, см	Гумус, %	pH _{сop}	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
				легкогідролізний	мг/кг	
Традиційна	0–20	0,87 ± 0,037	5,7 ± 0,67	31 ± 2,89	364 ± 0,0	58 ± 1,98
	20–40	0,10 ± 0,0	5,2 ± 0,34	20 ± 3,14	261 ± 0,0	43 ± 3,2
Екологізована	0–20	1,02 ± 0,011	5,5 ± 0,42	61 ± 3,73	449 ± 0,0	127 ± 5,1
	20–40	0,20 ± 0,0	5,7 ± 0,23	45 ± 2,65	334 ± 0,0	91 ± 4,24
Біологічна	0–20	0,91 ± 0,054	5,8 ± 0,31	47 ± 3,57	401 ± 0,0	90 ± 3,62
	20–40	0,20 ± 0,0	5,7 ± 0,63	33 ± 2,16	276 ± 0,0	64 ± 4,07

міжрядь 3,0 м до 40% робочих розчинів препаратів потрапляють у ґрунт і впливають на його реакцію [40]. Одержані агрохімічні показники ґрунту після 5 років досліджень свідчать про те, що вміст гумусу залишився стабільним незалежно від застосовуваних систем захисту хмелю, однак відзначено підкислення верхнього шару ґрунту у варіанті з використанням традиційної системи захисту хмелю від шкідливих організмів (із pH від 5,9 до 5,4 од.), що пов'язане із щорічним обприскуванням хмеленасаджень до 9 разів робочими розчинами пестицидів 2–3-го класів токсичності з нормою витрати 2000 л/га.

Системи захисту хмеленасаджень значною мірою вплинули на кількісну зміну основних елементів живлення, зокрема за використання традиційної технології зафіксували зниження вмісту легкогідролізного азоту на 32%, рухомих форм фосфору — на 13, обмінного калію — на 37%. За обприскування біологічними препаратами в бакових сумішах (екологізована та біологічна системи) спостерігали тенденцію до незначного накопичення зазначених елементів живлення. Із застосуванням біологічної системи захисту хмелю, де обприскування проводили лише біологічними препаратами, вміст азоту й фосфору в ґрунті був стабільним, проте водночас спостерігали зниження обмінного калію.

Хімічна система захисту хмеленасаджень зумовила підкислення ґрунту (pH знизився з 6,5 до 6,2 од.). За біологічної системи зберігся нейтральний pH ґрунту, що забезпечило найвищу активність дегідрогеназ (на 12% більше порівняно з контролем). Інтегрований і біологічний захист виявився більш сприятливим для ґрунтової родючості та екологічної безпеки, тоді як використання хімічної системи призводило до виснаження ґрунтових ресурсів.

Одним із важливих показників антропогенного навантаження на ґрунт є забруднення важкими металами. Їх уміст у ґрунті перед закладанням дослідів порівняно з гранично допустимими концентраціями виявився досить низьким (табл. 3 та 4).

Уміст рухомих форм деяких важких металів у ґрунті за 5-річний період змінився неістотно.

3. Гранично допустима концентрація важких металів у ґрунті згідно з ДСанПіН 2.2.7.029-99

Елемент	ГДК з урахуванням фону (кларка), мг/кг
Мідь	3,0
Цинк	23,0
Марганець	1500,0
Свинець	32,0
Кадмій	–
Залізо	–

4. Уміст рухомих форм важких металів у ґрунті за різних систем захисту хмелю від шкідливих організмів (дослідна хмелеплантація ІСГП НААН, 2021 р.), мг/кг ґрунту

Система захисту	Шар ґрунту, см	Cu	Zn	Mn	Pb	Cd	Fe
Контроль	0–20	1,4	2,1	3,8	0,13	0,01	4,4
	20–40	1,2	1,4	4,0	0,14	0,01	6,4
Традиційна	0–20	1,3	2,4	4,0	0,14	0,01	4,6
	20–40	1,2	1,4	4,1	0,15	0,01	5,8
Екологізована	0–20	2,0	2,7	5,7	0,15	0,02	8,1
	20–40	1,6	1,3	5,4	0,11	0,01	8,6
Біологічна	0–20	2,1	3,1	5,9	0,13	0,02	5,3
	20–40	1,6	2,1	5,1	0,12	0,01	4,8

За весь 5-річний період досліджень незалежно від системи захисту рослин уміст заліза та кадмію в ґрунті не змінився. На контролі (без обприскування) не спостерігали збільшення або зниження концентрації всіх зазначених важких металів: міді, цинку, марганцю, свинцю, кадмію, заліза.

Підвищення вмісту важких металів у ґрунті, таких, як мідь, цинк, марганець, свинець, фіксували у варіантах із застосуванням традиційної та частково екологізованої систем захисту хмелю від шкідливих організмів, де використовували хімічні пестициди. У середньому концентрація міді в ґрунті за традиційної технології збільшилася на 23%, цинку — на 12,5, марганцю — на 7,5%. За екологізованої системи захисту хмеленасаджень концентрація міді підвищилася на 13%, цинку — на 11, марганцю — на 5%. Уміст свинцю мав тенденцію до незначного зростання.

За біологічної системи захисту, яка полягала в застосуванні біологічних препаратів, настоїв інсектицидних рослин, клейових пасток, за 5-річний період концентрація важких металів у ґрунті не збільшилася, що свідчить про екологічність зазначених способів.

Дослідженнями доведено, що використання біологічних засобів захисту в чистому вигляді та в складі інтегрованої системи сприяє оптимізації агрохімічного режиму ґрунту та підвищенню його біологічної активності. Це

забезпечує збереження ґрунтової родючості та створює сприятливі умови для росту й розвитку рослин хмелю.

Доведено, що екологізований і біологічний захист хмелю не лише забезпечує ефективний контроль основних шкідників та збудників хвороб, а й істотно зменшує пестицидне навантаження на ґрунтове середовище, що сприяє формуванню екологічно безпечної та стійкої системи вирощування хмелю, яка відповідає сучасним вимогам до охорони довкілля і виробництва високоякісної рослинної сировини. Результати досліджень розширюють наукові уявлення про зв'язок між системою захисту хмелю та станом ґрунтового середовища, а також підтверджують доцільність використання біологічних препаратів як головного засобу екологізації агротехнологій у хмелярстві.

Нами розроблено нову систему захисту рослин хмелю від комплексу шкідливих організмів, яка містить екологічно безпечні, енерго- й ресурсоощадні методи захисту та базується на максимальному залученні вітчизняних розробок, що ґрунтуються на наукових інноваціях. З огляду на нинішні потреби створено систему захисту хмеленасаджень відповідно до нових економічних реалій із максимальним застосуванням біопрепаратів, що дає змогу здешевити й екологізувати технології. Визначено рівень толерантності різних сортів хмелю до біотичних та абіотичних факторів

за різних систем захисту. У розробках обмеження чисельності шкідників і хвороб, а також їх шкодочинність основуються на науково обґрунтованому прогнозі їх розвитку з урахуванням впливу на них комплексу екологічних факторів (абіотичних, біотичних та

антропогенних). Біологічний метод захисту хмеленасаджень дає змогу стабілізувати екологічну рівновагу в екосистемі хмеленасаджень, оптимізувати обсяги застосування хімічних засобів, а також мінімізувати негативний вплив на довкілля.

Висновки

Встановлено, що різні системи захисту хмелю неоднаково впливають на агрохімічні показники ґрунту. Так, біологічна система захисту хмеленасаджень сприяє збереженню гумусу, оптимізації вмісту азоту, фосфору й калію, а також підтриманню нейтрального рівня рН. Інтегрована система поєднує високу ефективність проти шкідливих організмів із позитивним впливом на ґрунтове середовище,

забезпечуючи зниження пестицидного навантаження. Хімічна система захисту хоч і є ефективною проти комплексу шкідників і хвороб, однак її застосування призводить до зниження вмісту гумусу та біологічної активності ґрунту. Отримані результати підтверджують доцільність упровадження біологічних та інтегрованих систем як екологічно безпечних альтернатив у сучасному хмелярстві.

Venher O.¹, Stetsiuk O.², Fedorchuk N.³, Shevchuk O.⁴

Polissia Institute of Agriculture of NAAS, 131 Kyivske Shose, Zhytomyr, 10007, Ukraine; e-mail: ¹venger_o@ukr.net, ²alex.stecyuk@ukr.net, ³fedorchuk1978@ukr.net, ⁴olga-88shevchuk@ukr.net; ORCID: ¹0000-0002-2213-4670, ²0000-0001-8872-537X, ³0009-0006-2324-1239, ⁴0009-0009-5436-0531

Biological and integrated hop protection and its impact on soil indicators

Goal. To develop hop protection systems for the ecological production of hop products and restoration of soil biological activity. **Methods.** Field (examination of hop plantations, accounting and research of the dynamics of the development of harmful hop organisms, assessment of plant damage, determination of the effectiveness of drugs), laboratory (analysis of affected hop plants), weight (accounting for the preserved crop), morphophysiological (establishment of biometric parameters of plants), mathematical and statistical (evaluation of the reliability of the results obtained, establishment of correlation links and calculations). **Results.** The study was conducted in 2021–2025 in experimental areas of hop plantations of the Institute of Agriculture of Polissia NAAS (Zhytomyr) (soil — sod-podzolic

sandy loam with heterogeneous chemical and granulometric composition of soil-forming rocks). Comparative evaluation of various systems of protection of hop plantations was carried out: biological — using biological preparations, traps, infusions of insecticidal plants; ecologized — which involved the replacement of chemical pesticides for spraying with tank mixtures of drugs of biological origin with a reduced rate of chemical pesticide, as well as the use of poisoned baits and the introduction of the poisoned with chemical insecticides moisture accumulator into the roots of the plant; traditional (intensive) — 9 sprays with recommended and registered means of protection. The accumulation of heavy metals — decomposition products of pesticides in the soil, changes in the parameters of soil agrochemical parameters, in particular, a decrease in the content of light hydrolysis nitrogen, mobile forms of phosphorus, and exchangeable potassium, were determined. It was proved that during spraying free interrows (3.0 m width) up to 40% of the working solutions of drugs enter the soil and influence its reaction. Acidification of the topsoil was noted in the version with the use of a traditional hop protection system, and a decrease in the content of easily hydrolyzed nitrogen by 32%, mobile forms of phosphorus

by 13, and exchangeable potassium by 37% was recorded. Ecologized and biological systems tended to have little accumulation of these nutrients. In the versions, according to traditional and partially ecologized systems for protecting hops from harmful organisms, where chemical pesticides were used, an increase in the content of heavy metals in the soil was observed: copper, zinc, manganese, and lead. **Conclusions.** The

biological protection system made it possible to stabilize the ecological balance in the ecosystem of hop plantations, optimize the volume of use of chemicals, and minimize the negative impact on the environment.

Key words: agrochemistry, heavy metals, hop protection systems, pesticides, soil agrochemical indicators.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202601-02>

Бібліографія

1. Приймачук Т.Ю., Штанько І.П., Штанько Т.А. Хмелярство України: діагностика проблем та орієнтири вирішення. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2019. № 12. С. 121–128.
2. Стан галузі хмелярства в Україні; за ред. Ю.І. Савченка. Житомир: ПП «Рута». 2011. 112 с.
3. Проценко Л.В., Рудик Р.І., Ляшенко М.І. та ін. Атлас українських сортів хмелю. Житомир: Вид-во Євенок О.О., 2017. 78 с.
4. Рудик Р.І., Приймачук Т.Ю., Саїнський Д.А. та ін. Стратегія виходу вітчизняної хмелепродукції на зовнішні ринки. Житомир: ІСГП НААН, 2017. 32 с.
5. Vostřel J. Hop protection against harmful organisms in 2007 and recommendations for this year. (Ochrana chmele proti škodlivým organismům v roce 2007 a metodická doporučení pro letošní rok.). *Chmelařství*. 2007. 80(3). P. 38–44.
6. Рижук Р.І., Приймачук Т.Ю., Ратошняк В.І. та ін. Концептуальні засади удосконалення ринкового регулювання розвитку вітчизняної галузі хмелярства. Житомир: ПП «Рута», 2018. 36 с.
7. Рижук С.М., Штанько І.П., Венгер О.В. та ін. Концепція розвитку галузі хмелярства в Україні. Житомир: ПП «Рута», 2020. 48 с.
8. Венгер В.М., Лапа О.М., Венгер О.В., Якубенко І.В. Технологія вирощування та захисту хмелю; за ред. В.М. Венгера. Київ: ТОВ «Універсал-Друк», 2006. 96 с.
9. *Farm chemicals handbook*. Ohio: Meister Publishing Company, 2001.
10. Gent D.H., D.G. James L., Wright L.C. et al. Effects of powdery mildew fungicide programs on twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae), hop aphid (Homoptera: Aphididae), and their natural enemies in hop yards. *Journal of Economic Entomology*. 2009. 102. P. 274–286. doi:10.1603/029.102.0137
11. Виробництво хмелю може давати понад 100% рентабельності. Як їх отримувати постійно? URL: <https://agroportal.ua/publishing/lichnyi-vzglyad/proizvodstvo-khmelya-ozhet-davat-bolee-100-rentabelnosti-kak-poluchat-ikh-postoyanno/> (дата звернення: 10.03.2020).
12. Бровдій В.М., Гулий В.В., Федоренко В.П. Біологічний захист рослин: навч. посіб. Київ: Світ, 2003. 352 с.
13. Венгер О.В., Дранківський В.А., Волківський І.А. та ін. Прогноз фітосанітарного стану агроценозів Житомирської області та рекомендації щодо захисту рослин у 2018 році. Житомир: вид-во, Рута. 2018. С. 50–55.
14. Федоренко В.П., Ткаленко Г.М., Конверська В.П. Біологічний захист — основа фітосанітарної оптимізації агроценозів. *Український ентомологічний журнал*. 2011. № 1(2). С. 9–22.
15. Федоренко В.П. Інтегрований захист сільськогосподарських культур в Україні. *Інтегрований захист рослин на початку XXI століття*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 1–3.10.2004 р. Київ: ІЗР, 2004. С. 3–28.
16. Федоренко В.П. Не боротьба — а управління чисельністю. *Захист і карантин рослин*. 2009. Вип. 55. С. 3–15.
17. Трегобчук В., Прадхан В. Аграрна сфера: модель сталого розвитку. *Вісник НАН України*. 2004. № 9. С. 8–16.
18. Трибель С.О. Хімічний метод: успіхи — проблеми — перспективи. *Захист і карантин рослин*. 2012. Вип. 58. С. 263–276.
19. Шишова С.Г. Защита сада и огорода без яда. Київ, 2010. 80 с.

20. Maurer K.A., Zachow C., Seefelder S., Berg G. Initial Steps towards Biocontrol in Hops: Successful Colonization and Plant Growth Promotion by Four Bacterial Biocontrol Agents. *Agronomy*. 2013. 3(4). P. 583–594. doi:10.3390/agronomy3040583

21. Grasswitz T., James D. Phenology and impact of natural enemies associated with the hop looper (*Hyponema humuli*) in Washington State, USA. *International Journal of Pest Management*. 2011. 57(4). P. 329–339. doi:10.1080/09670874.2011.609916

22. James D. Selectivity of the acaricide, bifenazate, and aphicide, pymetrozine, to spider mite predators in Washington hops. *International Journal of Acarology*. 2002. 28(2). P. 175–179. doi:10.1080/01647950208684292

23. Koch R.L. The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: a review of its biology, uses in biological control, and non-target impacts. *Journal of Insect Science*. 2003. 3(1): 32. doi: 10.1093/jis/3.1.32

24. Maud J. Comparative evaluation of pesticide risk indices for police development and assessment in the United Kingdom. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 2001. 86(1). P. 59–73. doi:10.1016/S0167-8809(00)258-9

25. Nauman K. Synthetic pyrethroid insecticides: chemistry and patents. New York: Springer-Verlag, 1990. 390 p.

26. Rao P.S.C., Hornsby A.G., Jessup R.E. Indices for ranging the potential for pesticide contamination of groundwater. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings*. 1985. 44. P. 59–73. doi: 10.5555/19861908088

27. Solarska E. Consortium of probiotic microorganisms as biocontrol agent of pests and diseases on hops. 2nd International Conference on and Exhibition on *Probiotics & Functional Foods*. *Journal of Probiotics and Health*. 2013. P. 1–4. doi: 10.4172/2329-8901.S1.011

28. Riccioni C., Belfiori B., Cenci M., Rubini A. Exploring Endophytic Fungi from *Humulus lupulus* L. for Biocontrol of Phytopathogenic Fungi. *Diversity*. 2025. 17(2):94. doi:10.3390/d17020094

29. Marcinkevičienė A., Čmukas A., Velička R. et al. Effects of Biopesticides and Undersown Cover Crops on Soil Properties in the Organic Farming System. *Agronomy*. 2022. 12(9):2153. doi: 10.3390/agronomy12092153

30. Венгер О.В., Федорчук Н.А., Дранківський В.А. Захист хмелю біологічними препаратами. *Вісник аграрної науки*. 2019. Т. 97. № 3. С. 33–38. doi: 10.31073/agrovisnyk201903-05

31. Штанько І.П., Ковальов В.Б., Кормільцев Б.Ф. Результати дослідження геному сортів хмелю в умовах тривалого культивування *in vitro*. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2016. № 9. С. 61–65.

32. Удосконалити методи оздоровлення хмелю від вірусних хвороб із застосуванням хіміотерапії. *Остаточний звіт відділу селекції та інноваційних технологій хмелю ІСГП НААН за 2014–2015 роки*. № ДР: 0113U008287. Житомир, Інститут сільськогосподарства Полісся НААН, 2015. 42 с.

33. *Методика випробування і застосування пестицидів*; за ред. С.О. Трибеля. Київ: Світ, 2001. 448 с.

34. *Довідник із захисту рослин*; за ред. М.П. Лісового. Київ: Урожай, 1999. 744 с.

35. *Методы выявления и учета вредителей сельскохозяйственных культур для прогнозирования их размножения: метод. разработ.* В.С. Шелестова. Київ, 1982. 74 с.

36. Венгер В.М., Савченко Ю.І., Ковальов В.Б. та ін. Технологія вирощування та захисту хмелю від шкідливих організмів; за ред. В.М. Венгера. Київ: ТОВ «Універсал-Друк», 2006. 96 с.

37. Венгер О.В., Федорчук Н.А., Шевчук О.П. Нормативи потреби засобів захисту 1 гектара однорічних та багаторічних насаджень хмелю від шкідників, хвороб та бур'янів. Житомир: Рута, 2024. 26 с.

38. *Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини*: ДСТУ 4289:2004. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 18 с.

39. *Елементи методики визначення складу та властивостей ґрунтів*. ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського УААН». ТК зі стандартизації 142. «ґрунтознавство». Харків: Держспоживстандарт України, 2004. Кн. 1. С. 129–154.

40. Любченко В.В., Малюжеч В.О. Модернізація вентиляторного обприскувача ОПВ-2000 для використання на хмільниках. *Аграрна наука — виробництву*. 2016. № 4. С. 29.