

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВЕДЕННЯ ОРГАНІЧНОГО ХМЕЛЯРСТВА

О.П. Стецюк, Л.П. Кириченко, В.В. Любченко,
І.П. Штанько, В.І. Ратошнюк, Т.М. Ратошнюк

Інститут сільського господарства Полісся НААН (м. Житомир, Україна)

e-mail: alex.stecyuk@ukr.net; ORCID: 0000-0001-8872-537X

e-mail: lkyrych@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8604-2524

e-mail: vladovich70@ukr.net; ORCID: 0000-000-7558-8054

e-mail: shtanko_hop@meta.ua; ORCID: 0000-0001-7847-0772

e-mail: viktor.ratoshnyuk@ukr.net; ORCID: 0000-0001-6937-7541

e-mail: viktor.ratoshnyuk@ukr.net; ORCID: 0000-0002-1097-0874

Застосування органічних технологій вирощування хмелю дає можливість: зменшити антропогенне навантаження на екосистему хмільника, підтримуючи стабільну продуктивність, прискорити природний процес ґрунтовідродження, а за продуктивністю одержаної органічної хмелесировини наблизитися до традиційної технології. Розрахунок економічної ефективності за весь період досліджень підтверджує високу рентабельність хмелю, вирощеного за органічними агротехнологіями, яка була в межах 38,7–67,3%, що в 1,6–2,8 рази перевищує рентабельність хмелесировини, отриманої за умов традиційної технології вирощування — 24,0%. З метою одержання органічної хмелесировини на дерново-підзолистих ґрунтах зони Полісся запропоновано технологічний процес вирощування хмелю, який базується на сидерації міжрядь хмеленасаджень пелюшко-вівсяною сумішкою у весняний період після обрізування підземних кореневих хмелю, внесенням дозволених за органічного виробництва фосфорних і калійних добрив у дозі $P_{100}K_{140}$ та застосуванням біологічної системи захисту рекомендованими препаратами. Аналіз п'ятирічних досліджень засвідчує, що стабільним без змін залишився гумус, незалежно від агротехнологій вирощування хмелю, проте спостерігається незначне підкислення верхнього шару ґрунту, особливо на варіанті загальноприйнятої технології (від рН 5,9 до рН 5,4), що, ймовірно, пов'язано з підкисленням ґрунту за рахунок щорічного триразового внесення аміачної селітри. Досліджено, що на неодобренному фоні знижувався вміст легкодірлизованого азоту на 32%, рухомих форм фосфору на 13, обмінного калію на 37%.

Ключові слова: система удобрення, сидерат, ґрунт, альфа-кислоти.

ВСТУП

Антропогенне і техногенне навантаження на навколишнє природне середовище в Україні у кілька разів перевищує відповідні показники у розвинутих країнах світу. Застосування еколого-безпечних агротехнологій у виробництві якісних харчових продуктів, зокрема зумовлено вимогами ЄС, спонукає вчених-аграріїв до розроблення теоретичних та інноваційно-технологічних засад органічного виробництва, що, своєю чергою, відіграє значну роль у формуванні продовольчої безпеки держави [1]. Останніми роками, в Україні розпочато рух за

виробництво органічної продукції [2], що стосується лише окремих продуктів рослинного і тваринного походження. Щодо питань технологічного процесу вирощування органічного хмелю в Україні є маловивченим, адже він не був предметом досліджень вітчизняних учених.

Соціально-економічна складова цього дослідження полягає у покращанні екологічної ситуації в регіоні вирощування хмелю, зокрема зниження забрудненості ґрунтових вод у 1,5–2 рази, виготовлення якісного (органічного) пива на основі шишок хмелю. Відомо, що останні, вирощені на основі органічного виробництва, більш затребувані для парфумерних та медичних

цілей. Економічна складова цього дослідження включає: забезпеченість робочими місцями території, придатних для продукування органічного хмелярства та економію до 30–40% добрив на одиницю площі. Це свідчить, що ринок органічного хмелю зростатиме на 3–5% щороку, а його ціна порівняно зі звичайним, у 2–3 рази.

Ідея органічного виробництва (землеробства) (Organic Farming) полягає у повній відмові від застосування ГМО, антибіотиків, отрутохімікатів та синтетичних мінеральних добрив, що зумовлює підвищення природної біологічної активності у ґрунті, відновлення балансу поживних речовин. Також підсилюються відновлювальні властивості, нормалізується робота живих організмів, відбувається стабілізація гумусу, і як результат — поліпшення якісних показників сільськогосподарських культур [3].

Результатом органічного виробництва є екологічно безпечна продукція, вільна від ГМО та невластивих харчовим продуктам хімічних елементів. Ідея органічного землеробства є поширеною також у багатьох країнах Європи, зокрема Польщі, Чехії, Німеччини.

Вирощування органічного хмелю в Україні пов'язано з низкою правових та фінансово-економічних проблем, які поступово знаходять своє вирішення. Однак організаційно-технологічна складова все ще потребує дослідження. Це, насамперед, відсутність фермерських господарств, які комплексно займаються виробництвом органічної продукції. Також не розв'язаними є завдання біологічного захисту хмелю, компенсації органічної речовини (дефіцит «органічного перегною»), азоту, фосфору та калію природного походження. Однією з основних проблем є відсутність технології вирощування, адаптованої до місцевих ґрунтово-кліматичних умов. Завдання технологічного процесу ведення органічного хмелярства в Україні досліджується вперше авторами цієї статті, відповідно вітчизняні публікації також зустрічаються лише у наукових роботах вказаного авторського колективу.

Мета досліджень полягає у розробленні елементів технологічного процесу вирощування хмелю за умови ведення органічного хмелярства.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Виробництво органічних продуктів у світі користується дедалі більшою поширеністю. Згідно зі статистичними даними FiBL-IFOAM [4], у 2021 р. площа земельних угідь, зайнятих під виробництво органічної продукції в світі, зросла від 11 млн га у 1999 р. до 72,3 млн га у 2019 р., що становить 1,5 відсотка від усіх аграрних угідь. Відомо, що 187 країн світу є державами з органічною активністю. В Україні площа земель, зайнятих під органічне виробництво, від 189,5 тис. га в 2014 р., збільшилась до 468,0 тис. га в 2019 р. Зростаюча кількість органічних ферм, створених останніми роками, показують потенціал України як активного органічного виробника [5; 6].

Формування та розвиток системи державної підтримки органічного землеробства є необхідною умовою для реалізації можливості виходу на міжнародний ринок та стрімкого розвитку виробництва органічної продукції в Україні [7]. Для цього достатньо скористатися досвідом країн, які за рівнем розвитку галузі більш досвідчені, де система державної підтримки допомагає розвивати органічне землеробство без великих ризиків для виробника [8].

Виробництво хмелю є досить ефективним у багатьох регіонах світу, географія його постійно поширюється [9–12]. Дедалі повсюдним стає виробництво органічного хмелю, ця продукція користується попитом у крафтових виробників пива та інших галузях. Більшість органічних хмелярських ферм розташовано в США та Канаді [13]. Культивується органічний хміль і в Європі, зокрема, в Чехії, де забезпечується державною підтримкою [14].

Одним із важливих завдань за культивування органічного хмелю є необхідність забезпечення рослини органічним перегноем, виробництво якого, зі свого боку, потребує

ведення органічного тваринництва, що значно ускладнює процес. За даними Горба О.О. [15], за вирощування сівозмінних органічних культур вітчизняні вчені як відновлюване джерело енергії в органічному землеробстві використовують сидерати. В наших дослідженнях також підтверджується ефективність сидерації міжрядь хмеленасаджень, особливо пелюшко-вівсяною сумішкою, коли продуктивність шишок хмелю досягає рівня застосування традиційного перегною.

Наступним завданням було захист рослин від хвороб та шкідників, оскільки хміль потребує за період вегетації до 7–9 обробіток хімічними препаратами. Біологічну систему захисту, яку ми застосували і рекомендовано в органічному виробництві, засвідчує, що технічна ефективність дії біологічних препаратів захисту на хмеленасадженнях досягала 70–85% (70% для захисту від хвороб і 85% проти шкідників), що на 5–10% нижче, ніж за загальноприйнятої системи захисту з використанням хімічних препаратів. На подібну тенденцію щодо ефективності застосування біопрепаратів за органічного вирощування хмелю вказують і зарубіжні вчені Solarska E., Sosnowska B. [16].

Хміль як біологічний об'єкт для реалізації генетичного потенціалу в процесі життєдіяльності потребує певних агрокліматичних і ґрунтових умов. Зокрема, для його росту і розвитку найбільш сприятлива температура у межах 20–30°C (за достатньої вологозабезпеченості). До того ж оптимальна середньорічна температура повітря сягає від 7,5 до 8,5°C, а сума активних температур наближається до 3000°C (від 2500 до 2900°C).

В останні десятиріччя спостерігається загальне потепління клімату з одночасним посиленням його контрастності. Врожайність та якість хмелю значно потерпає від посухи [17–19]. В регіоні Полісся також почастішала тривалість періодів як надмірного зволоження, так і нетипових посушливих днів.

Циклічні зміни клімату — чергування прохолодно-вологих і тепло-сухих періодів,

є закономірними. Сучасна тепло-суха фаза впливає на коливання температури в бік збільшення, а опадів — у бік зменшення.

Що стосується опадів, то хміль — це культура, що потребує 500–600 мм на рік за умови їх рівномірного розподілу по місяцях і величини відносної вологості повітря 69–76%.

Хміль — рослина короткого дня, потребує близько 1600 год сонячної радіації.

Важливе значення мають і вітри регіону, вони мають бути помірними, без сильних поривів, щоб створювати оптимальний мікроклімат у рядах насаджень.

Хміль має розвинену кореневу систему [20], тому, крім кліматичних ресурсів, важливе значення має тип ґрунту, на якому культура вирощується. Найсприятливішими для вирощування хмелю є родючі, легкі за гранулометричним складом ґрунти, достатньо зволожені, проте без близького (не більше 2 м) залягання ґрунтових вод. До них віднесено дерново-підзолисті, сірі лісові, вилугувані чорноземи, супіщані й легкосуглинкові зі слабо ущільненим підґрунтям та слабокислою або близькою до нейтральної реакцією ґрунтового розчину (рН 5,5–6,5).

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Методи досліджень — польові досліді, лабораторні й метеорологічні дослідження, статистичні методи аналізу.

Органічні добрива — перегній, сидеральні культури. Природні мінеральні добрива, дозволені за органічного землеробства — сульфат калію 50% та фосфоритне борошно 25%. Традиційні хімічні мінеральні добрива: аміачна селітра 34%; суперфосфат 20; калій хлористий 60% (застосовано за традиційної загальноприйнятої технології вирощування хмелю — вар. 2). Норму внесення органічних та мінеральних добрив під рослини хмелю встановлено з урахуванням вмісту у ґрунті органічної речовини, мінерального азоту і елементів живлення на програмований урожай.

Як сидеральні культури, у міжряддях хмелю, залежно від варіантів висіяні: редь-

ка олійна, люпин, пелюшко-вівсяна сумішка.

Агротехніка загальноприйнята згідно з технологічною картою, крім чинників, що поставлені на вивчення.

1. ЗТ* (без добрив, чорний пар) — абсолютний контроль.
2. ЗТ* (гній 40 т/га + $N_{120}P_{100}K_{140}$, чорний пар) — контроль.
3. ОТ (гній 40 т/га + люпин + $P_{100}K_{140}$).
4. ОТ (люпин + $P_{100}K_{140}$).
5. ОТ (олійна редька + $P_{100}K_{140}$).
6. ОТ (пелюшка з підсівом вівса + $P_{100}K_{140}$).

* ЗТ — варіанти загальноприйнятої технології, ОТ — варіанти органічної технології.

Закладання дослідів проведено на плантації № 212 ІСГП НААН. Сорт хмелю Заграва. Розмір дослідної ділянки (варіанта) — 30 м², облікової — 24 м². Схема садіння рослин 3×1 м. Повторність дослідів — чотириразова. Ґрунт — дерново-підзолистий, супіщаний. Шість (6) варіантів дослідів розміщено систематично, двома блоками в чотирьох повтореннях. Блок 1 включає два повних набори варіантів; блок 2 включає два повних набори варіантів.

Для агрохімічної оцінки ґрунту перед закладанням відібрано зразки з двох горизонтів: 0–20; 21–40 см. У період вегетації відмічаються дати настання основних фаз розвитку та пошкодження рослин шкідниками й хворобами по варіантах дослідів. В період збирання врожаю відбирають зразки ґрунту з двох горизонтів кожного варіанта для агрохімічного аналізу. В цей самий період відбираються зразки шишок по варіантах дослідів для визначення їх якості.

У зразках шишок передбачається визначення вмісту альфа-кислот кондуктометричним методом згідно з ДСТУ 4099:2009 «ХМІЛЬ. Правила відбирання проб та методи випробування».

Проведено моніторинг запасів продуктивної вологи в ґрунті впродовж вегетаційного періоду рослин хмелю.

У зразках ґрунту визначено такі агрохімічні показники: гумус — за Тюрнімом (пе-

ред закладанням дослідів, перед черговим внесенням органічних добрив); органічна речовина — методом спалювання (перед закладанням дослідів, перед черговим внесенням органічних добрив); рН_{сол.} та гідролітична кислотність — потенціометрично; азот лужногідролізований — за Корнфілдом; фосфор та калій — методом Кірсанова.

Здійснено моніторинг метеорологічних даних погодно-кліматичних умов агроландшафту хмеленасаджень за допомогою метеостанції Vantage Pro 2.

Статистичну обробку даних виконано за методом Доспехова Б.А. згідно з Методикою польового дослідів з основами статистичної обробки результатів досліджень.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Програмою досліджень передбачалося оцінити якісні зміни ґрунту щодо застосування традиційної та органічних технологій за п'ятирічний період проведення польових дослідів.

Перед закладанням дослідів (2016 р.) агрохімічні показники ґрунту, одержані в процесі аналітичних досліджень засвідчують, що гумус у 0–20 см шарі становить 0,9–1,0%, у 20–40 см шарі — 0,1–0,2%, що є типовим для дерново-підзолистого ґрунту (табл. 1).

Кислотність коливається в межах рН 5,4–6,1, тобто реакція слабокисла, сприятлива для вирощування культури хміль [21]. Основні показники вмісту елементів живлення, як для хмелеплантації, свідчать про середню забезпеченість рухомим фосфором (295–420 мг/кг) і низьку обмінним калієм (70–105 мг/кг).

Після завершення досліджень було відібрано та проаналізовано зразки ґрунту щодо змін основних якісних показників (табл. 2).

Аналізуючи одержані агрохімічні показники ґрунту після п'яти років досліджень, можна стверджувати, що залишився стабільним без змін гумус, незалежно від агротехнологій вирощування хмелю.

Таблиця 1. Агрохімічні показники ґрунту пл. № 212, 2016 р.
(перед закладанням дослідю)

№ ряду/ в-та	Шар, см	Гумус, %	рН _{сол.}	Нг	S	V, %	N л-гідр.	P ₂ O ₅	K ₂ O
				м-екв / 100 г					
2/1	0–20	0,90	5,9	0,55	3,8	87,4	46	420	92
	20–40	0,10	5,4	0,30	3,0	90,9	37	305	71
2/2	0–20	0,90	5,9	0,56	3,8	87,2	46	418	90
	20–40	0,10	5,5	0,32	3,0	90,4	36	300	70
4/3	0–20	1,00	6,0	0,49	4,0	89,1	49	409	103
	20–40	0,20	5,5	0,29	3,2	91,7	39	300	78
4/4	0–20	1,00	6,1	0,50	3,9	88,6	47	415	105
	20–40	0,20	5,4	0,32	3,1	90,6	36	300	77
6/5	0–20	0,90	6,0	0,52	3,9	88,2	50	412	101
	20–40	0,20	5,5	0,30	3,0	90,9	39	298	75
6/6	0–20	0,90	6,0	0,54	4,0	88,1	49	410	100
	20–40	0,20	5,4	0,31	3,0	90,6	39	295	78

Таблиця 2. Агрохімічні показники ґрунту пл. № 212, 2020 р.
(після завершення досліджень)

№ ряду/ в-та	Шар, см	Гумус, %	рН _{сол.}	Нг	S	V, %	N л-гідр.	P ₂ O ₅	K ₂ O
				м-екв / 100 г					
2/1	0–20	0,87	5,7	0,58	3,4	85,4	31	364	58
	20–40	0,10	5,2	0,32	2,6	89,0	20	261	43
2/2	0–20	0,92	5,4	0,56	4,0	87,7	58	444	102
	20–40	0,10	5,1	0,33	3,0	90,0	38	326	76
4/3	0–20	1,02	5,5	0,51	4,2	89,2	61	449	127
	20–40	0,20	5,7	0,30	3,1	93,6	45	334	91
4/4	0–20	1,01	6,0	0,54	3,8	87,5	51	403	96
	20–40	0,20	5,7	0,32	3,0	90,4	38	291	69
6/5	0–20	0,91	5,8	0,54	3,8	87,5	47	401	90
	20–40	0,20	5,7	0,32	3,0	90,4	33	276	64
6/6	0–20	1,91	6,0	0,55	3,8	87,3	51	395	90
	20–40	0,20	5,2	0,30	2,9	90,6	39	281	70

Також маємо незначне підкислення верхнього шару ґрунту, особливо на варіанті загальноприйнятої технології (від рН 5,9 до рН 5,4), що, ймовірно, пов'язано з підкисленням ґрунту за рахунок щорічного триразового внесення аміачної селітри.

Спостерігається зниження вмісту на неудобреному фоні легкогідролізованого азоту на 32%, рухомих форм фосфору на 13, а обмінного калію на 37%. Агротехнології, які передбачали внесення традиційних органічних добрив (загальноприйнята

і органічна) мали тенденцію до незначного накопичення вказаних елементів живлення, що, ймовірно, пов'язано з тим, що сорт хмелю Заграва не повністю використав свій потенціал продуктивності через неконструктивне надходження та використання вологи в період вегетації.

У процесі досліджень зафіксовано нерівномірність розподілу фосфору і калію у профілі ґрунту 0–20 см та 0–40 см шарах, незалежно від варіантів агротехнологій.

Органічні технології, де як основне джерело живлення виступали сидеральні культури з внесенням фосфорно-калійних добрив, практично стабілізували вміст азоту і фосфору в ґрунті, до того ж маємо тенденцію до зниження обмінного калію.

Інтенсивний технологічний процес вирощування хмелю традиційно передбачає утримання міжрядь хмеленасаджень у стані, вільному від рослинності за рахунок міжрядних культиваций. Це призводить до порушення природного процесу відтворення родючості ґрунту, зниження стабільності функціонування та продуктивності агробіоценозу.

Сучасні світові тенденції у землеробстві вимагають впровадження нових, біоекологічних агроприйомів, що зменшують навантаження на біоценоз. Серед них — мінімізація механічного та хімічного впливу на ґрунт аж до повної відмови від проведення більшості заходів, підтримання постійного

рослинного покриву на поверхні ґрунту [22].

У досліджуваній агроєкосистемі хмеленасаджень було проведено комплекс технологічних процесів із реалізації системи удобрення на основі сидерації та оптимізації окремих агротехнічних заходів згідно з розробленою схемою.

Зелене добриво є доступним, постійно відновлювальним джерелом органічної речовини [15; 23]. За результатами дослідження встановлено, що загортання в ґрунт 20–30 т/га зеленої маси сидератів забезпечує ефект, рівноцінний внесенню аналогічної кількості гною. До того ж витрати на вирощування сидеральної культури менші у 2,5 раза.

Урожайність зеленої маси сидеральних культур у міжряддях хмеленасаджень за 2017–2020 рр. вказує, що вони реалізують свій потенціал із накопичення зеленої маси лише за умови достатньої забезпеченості опадами за їх період вегетації. Сприятливими для росту та розвитку виявились 2019 і 2020 рр. В абсолютному відношенні перевага за пелюшко-вівсяною сумішкою — 252 ц/га, люпин зі внесенням перегною та тільки РК незначно відрізнявся за кількістю зеленої маси — 229 і 212 ц/га, найнижча урожайність у редьки олійної — 183 ц/га (табл. 3).

У середньому за чотири роки (табл. 4) досліджено, що застосування органічних

Таблиця 3. Урожайність зеленої маси сидеральних культур, висіяних у міжряддях хмеленасаджень, ц/га, 2017–2020 рр.

Варіанти	Урожайність, ц/га				Середнє
	2017	2018	2019	2020	
1. ЗТ (без добрив, чорний пар) — абсолютний контроль	Без сидератів				—
2. ЗТ (гній 40 т/га + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₄₀ , чорний пар) — контроль	Без сидератів				—
3. ОТ (гній 40 т/га + люпин + P ₁₀₀ K ₁₄₀)	220	159	259	277	229
4. ОТ (люпин + P ₁₀₀ K ₁₄₀)	202	147	244	256	212
5. ОТ (олійна редька + P ₁₀₀ K ₁₄₀)	173	115	216	226	183
6. ОТ (пелюшка з підсівом вівса + P ₁₀₀ K ₁₄₀)	243	182	279	302	252

Таблиця 4. Урожайність сухих шишок хмелю, 2017–2020 рр.

№ з/п	Варіанти досліджу	Урожайність, т/га					Відхилення від абс. контролю, ±		Відхилення від контролю, ±	
		2017	2018	2019	2020	середнє	т/га	%	т/га	%
1	ЗТ (без добрив, чорний пар) – абсолютний контроль	0,64	0,39	0,48	0,62	0,53	–	–	–	–
2	ЗТ (гній 40 т/га + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₄₀ , чорний пар) – контроль	1,16	1,03	1,20	1,57	1,24	+0,71	134	–	–
3	ОТ (гній 40 т/га + люпин + P ₁₀₀ K ₁₄₀)	1,08	1,14	1,29	1,59	1,28	+0,75	142	+0,04	6
4	ОТ (люпин + P ₁₀₀ K ₁₄₀)	0,93	0,91	1,06	1,35	1,06	+0,53	100	–0,18	25
5	ОТ (олійна редька + P ₁₀₀ K ₁₄₀)	0,87	0,83	0,98	1,29	0,99	0,46	87	–0,25	35
6	ОТ (пелюшка + овес + P ₁₀₀ K ₁₄₀)	0,99	0,96	1,11	1,44	1,13	+0,60	113	–0,11	16
НІР _{0,5} (т/га)		0,05	0,12	0,13	0,16					

агротехнологій, порівняно з традиційною, знижувало продуктивність хмеленасаджень на 16–35%, за винятком варіанта з системою удобрення (гній 40 т/га + люпин + P₁₀₀K₁₄₀). Така комбінація дала змогу отримати врожай шишок хмелю на рівні загальноприйнятої технології і навіть незначно, лише на 6%, перевищити її, що в межах похибки, проте вона є більш затратною.

Що стосується абсолютного контролю (без добрив), зниження продуктивності щодо традиційної технології спостеріглося на рівні 134%, а порівняно з органічними агротехнологіями в межах 87–142%, залежно від системи удобрення, тобто перевага удобрених варіантів була беззаперечною і дуже істотною.

Отже, ефективне функціонування агробіоценозу хмеленасаджень можна забезпечити застосуванням нових еколого-безпечних агроприймів, як утримання міжряд під сидеральними культурами. Агробіологічні способи утримання ґрунту дають можливість зменшити антропогенне навантаження на екосистему хмільника,

підтримуючи стабільну продуктивність, наближують природний процес ґрунтоновлення, а за продуктивністю одержаної органічної хмелесировини подібні до традиційної технології.

У середньому за роки досліджень (табл. 5) впевнено можна стверджувати, що за якісним показником щодо вмісту альфа-кислот органічні агротехнології мають перевагу над традиційною, яка сягає від 1 до 8%, також удобрений фон містив більш високі показники вмісту альфа-кислот порівняно з загальноприйнятою системою удобрення.

Водночас за валовим збором альфа-кислот (табл. 6) лише органічний варіант із системою удобрення (гній 40 т/га + люпин + P₁₀₀K₁₄₀) переважав традиційну агротехнологію на 11% та варіант із сидерацією міжряд пелюшко-вівсяною сумішкою був на її рівні. Органічні технології, що базуються на застосуванні лише сидератів та фосфорно-калійних добрив (люпин + P₁₀₀K₁₄₀ й олійна редька + P₁₀₀K₁₄₀), то вони поступалася загальноприйнятої технології на 4,3% і 13,2% відповідно. Це пов'язано

Таблиця 5. Вміст альфа-кислот у шишках хмелю, 2017–2020 рр.

№ з/п	Варіанти досліджу	Вміст α -кислот, % (на абсолютно суху речовину)					Відхилення від абс. контролю, \pm		Відхилення від контролю, \pm	
		2017	2018	2019	2020	середнє	% 1	%	% 1	%
1	ЗТ (без добрив, чорний пар) – абсолютний контроль	10,0	9,6	9,4	9,2	9,6	–	–	–	–
2	ЗТ (гній 40 т/га + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₄₀ , чорний пар) – контроль	9,6	9,3	8,8	8,5	9,1	–0,5	5	–	–
3	ОТ (гній 40 т/га + люпин + P ₁₀₀ K ₁₄₀)	10,1	9,6	9,1	8,8	9,4	–0,2	2	+0,3	3
4	ОТ (люпин + P ₁₀₀ K ₁₄₀)	10,7	10,0	9,5	9,2	9,9	+0,3	3	+0,8	1
5	ОТ (олійна редька + P ₁₀₀ K ₁₄₀)	10,4	9,9	9,4	9,0	9,7	+0,1	1	+0,6	7
6	ОТ (пелюшка + овес + P ₁₀₀ K ₁₄₀)	10,6	10,0	9,5	9,2	9,8	+0,2	2	+0,7	8
НР _{0,5} (%)		0,4	0,4	0,4	0,3					

Таблиця 6. Валовий збір альфа-кислот, 2017–2020 рр.

№ в-та	Збір альфа-кислот по повторенням, кг/га (в розрахунку на 1 га)					Відхилення від абс. контролю, \pm		Відхилення від контролю, \pm	
	2017	2018	2019	2020	середнє	кг/га	%	кг/га	%
1	64,0	39,4	45,1	57,0	50,9	–	–	–	–
2	111,4	100,9	105,6	133,4	109,2	58,3	114,5	–	–
3	109,1	115,1	117,4	139,9	120,3	69,4	136,3	11,1	10
4	99,5	95,5	100,7	124,2	104,9	54,0	106,1	–4,3	4
5	90,5	86,3	92,1	116,1	96,0	45,1	88,6	–13,2	12
6	104,3	100,8	105,5	132,5	110,7	59,8	117,5	1,5	1

зі зниженням загальної врожайності шишок хмелю на цих варіантах, незважаючи на те, що відсотковий вміст альфа-кислот переважав за цим показником традиційну агротехнологію.

Вирощування хмелю є доволі трудомістким і вимагає порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами більших капіталовкладень. Складність полягає в специфіці технології вирощування хмелю, що передбачає значну кількість виключно ручних робіт. Звідси великі затрати люд-

ської праці на одиницю площі хмільника і врожаю шишок хмелю.

Розрахунок економічної ефективності за весь період досліджень підтверджує високу рентабельність хмелю, вирощеного за органічними агротехнологіями, яка була в межах 38,7–67,3%, що в 1,6–2,8 раза перевищує рентабельність хмелесировини, отриманої за умов традиційної технології вирощування – 24,0%. Це пов'язано з тим, що реалізаційна ціна органічного хмелю була взята з розрахунку в 1,5 раза вища,

Таблиця 7. Економічна ефективність вирощування органічного хмелю (середнє за 2017–2020 рр.)

Показники	Варіанти					
	1	2	3	4	5	6
Урожайність, т/га (ст. вол.)	0,53	1,24	1,28	1,06	0,99	1,13
Вміст альфа-кислот, % а.с.р.	9,6	9,1	9,4	9,9	9,7	9,8
Збір альфа-кислот, кг/га	50,9	109,2	120,3	104,9	96,0	110,7
Всього витрат на виробництво, тис. грн/га	159,6	202,8	199,4	188,3	186,0	189,3
Реалізаційна ціна, тис. грн/т	260,6	202,8	260,6	260,6	260,6	260,6
Вартість реалізованої продукції, тис. грн/га	138,1	250,4	333,6	276,2	258,0	294,5
Прибуток/збиток, тис. грн/га	-221,5	48,6	134,2	87,9	72,0	105,2
Рівень рентабельності, %	-13,5	24,0	67,3	46,7	38,7	55,6

ніж вирощеного за загальноприйнятою технологією (табл. 7).

Ефективне функціонування агробіоценозу органічних хмеленасаджень можна забезпечити шляхом оптимізації еколого-безпечних агроприйомів, які базуються на утриманні міжрядь під сидеральними культурами, біологічному захисті та ґрунтозахисному обробітку.

Застосування органічних технологій вирощування хмелю дає змогу: зменшити антропогенне навантаження на екосистему хмільника, прискорити природний процес ґрунтовідродження, а за продуктивністю одержаної органічної хмелесировини наблизитися до традиційної технології; поліпшити якісні характеристики здоров'я ґрунту, рослини та хмелепродукції для використання у пивоварінні, фармакології, медицині й хлібопеченні.

ВИСНОВКИ

Аналіз п'ятирічних досліджень свідчить, що в ґрунті стабільним без змін залишився гумус, не залежно від агротехнологій вирощування хмелю, проте спостерігається незначне підкислення верхнього шару ґрунту, особливо в варіанті загальноприйнятої технології (від рН 5,9 до рН 5,4), це пов'язано зі щорічним триразовим внесенням аміачної селітри; відмічається зниженню вмісту на неудобреному фоні легкогідролізованого азоту на 32%, рухомих

форм фосфору на 13, а обмінного калію на 37%.

Органічні технології, де як основне джерело живлення виступали сидеральні культури зі внесенням фосфорно-калійних добрив, стабілізують вміст азоту і фосфору в ґрунті та знижують вміст обмінного калію.

Застосування органічних агротехнологій, порівняно з традиційною, зменшує продуктивність хмеленасаджень на 16–35%, за винятком технології з системою удобрення органічним перегноем у поєднанні з сидерацією міжрядь люпином та внесенням фосфорно-калійних добрив, дозволених за органічного виробництва, яка є по продуктивності на рівні традиційної.

За якісним показником щодо вмісту альфа-кислот, органічні агротехнології переважають традиційну в межах 1–8%, також неудобрений фон характеризується більш високими показниками вмісту альфа-кислот порівняно з загальноприйнятою системою удобрення.

Розрахунок економічної ефективності підтверджує високу рентабельність хмелю, вирощеного за органічними агротехнологіями, яка була в межах 38,7–67,3%, що в 1,6–2,8 раза перевищує рентабельність хмелесировини, отриманої за умов традиційної технології вирощування – 24%.

З метою отримання органічної хмелесировини на дерново-підзолистих ґрунтах

зони Полісся запропоновано технологічний процес вирощування хмелю, який базується на сидерації міжрядь хмеленасаджень пелюшко-вівсяною сумішкою у весняний період після обрізування підземних ко-

ренивищ хмелю, внесенням розрахованих за органічного виробництва фосфорних і калійних добрив у дозі $P_{100}K_{140}$ та застосуванням біологічної системи захисту рекомендованими препаратами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сичевський М.П. Глобальна продовольча безпека та місце України в її досягненні. *Економіка АПК*. 2019. № 1. С. 6–17. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201901006>.
2. Милованов Є.В. Роль органічного громадського руху у розвитку органічного сектору аграрної галузі України. *Modern Economics*. 2019. № 14. С. 161–173. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V14\(2019\)-26](https://doi.org/10.31521/modecon.V14(2019)-26).
3. Aghasafari H., Karbasi A., Mohammadi H. et al. Determination of the best strategies for development of organic farming: A SWOT — Fuzzy Analytic Network Process approach. *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 277. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124039>.
4. Willer H., Travníček J. and Meier C. The World of Organic agriculture. Statistics and emerging Trends 2021. FiBL & IFOAM. Organic international. 2021. 340 p. URL: <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1150-organic-world-2021.pdf>.
5. Виробництво органічної продукції рослинництва в межах сільських сельбизних територій / за ред. Камінський В.Ф., Корсун С.Г., Шкарівська Л.І. та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2018. 166 с.
6. Гадзало Я.М., Камінський В.Ф. Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні. Київ: Аграрна наука, 2016. 592 с. URL: <https://dspace.organic-platform.org/xmlui/handle/data/117>.
7. Ткаченко А.М., Буслаєва Н.Г., Камінська А.І. та ін. Рекомендації щодо управління земельними ресурсами аграрних підприємств-виробників органічної продукції в контексті розвитку сільських територій. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 24 с.
8. Łuczka W., Kalinowski S. and Shmygol N. Organic Farming Support Policy in a Sustainable Development Context: A Polish Case Study. *Energies*. 2021. Vol. 14. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14144208>.
9. Kerckhoven S., Meerten M. and Wellman C. The Dynamics of the Hops Industry. In book: *New Developments in the Brewing Industry*. 2020. P. 72–101. DOI: <https://doi.org/10.1093/oso/9780198854609.003.0004>.
10. Korpelainen H. and Pietiläinen M. Hop (*Humulus lupulus* L.): Traditional and Present Use, and Future Potential. *Econ*. 2021. Vol. 75. P. 302–322. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-021-09528-1>.
11. Kubes J. Geography of World Hop Production 1990–2019. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 2021. Vol. 80(1). P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.18832/kp2012026>.
12. Rossini F., Virga G., Loreti P. et al. Hops (*Humulus lupulus* L.) as a Novel Multipurpose Crop for the Mediterranean Region of Europe: Challenges and Opportunities of Their Cultivation. *Agriculture*. 2021. Vol. 11 (6). 484 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11060484>.
13. Turner S.F., Benedict C.A., Darby H. et al. Challenges and Opportunities for Organic Hop Production in the United States. *Agronomy Journal*. 2011. Vol. 103 (6). P. 1645–1654. DOI: <https://doi.org/10.2134/agnonj2011.0131>.
14. Jezek J., Vostrel J., Krofta K. et al. Organic hop farming in Czech Republic and worldwide. *Kvasny Prumysl*. 2012. Vol. 58. P. 294–302. DOI: <https://doi.org/10.18832/kp2012026>.
15. Горб О.О., Чайка Т.О. та Яснолоб І.О. Використання сидеральних культур як відновлюваного джерела енергії в органічному землеробстві. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 4. С. 38–41. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2017/04/08.pdf>.
16. Solarska E. and Sosnowska B. The impact of plant protection and fertilization on content of bioactive substances in organic hops. *Acta scientiarum Polonorum. Hortorum cultus*. 2015. Vol. 14 (3). P. 93–101. URL: https://www.researchgate.net/publication/281673196_The_impact_of_plant_protection_and_fertilization_on_content_of_bioactive_substances_in_organic_hops.
17. Kolenc Z., Vodnik D., Mandelc S. et al. Hop (*Humulus lupulus* L.) response mechanisms in drought stress: proteomic analysis with physiology. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2016. Vol. 105. P. 67–78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.03.026>.
18. Procházka P., Řehoř J., Vostřel J. et al. Use of botanicals to protect early stage growth of hop plants against Pseudo peronospora humuli. *Crop Protection*. 2022. Vol. 157. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.105978>.
19. Donner P., Pokorný J., Ježek J. et al. Influence of weather conditions, irrigation and plant age on yield and alpha-acids content of Czech hop (*Humulus lupulus* L.) cultivars. *Plant Soil Environ*. 2020. Vol. 66 (1). P. 41–46. DOI: <https://doi.org/10.17221/627/2019-PSE>.
20. Brant V., Krofta K., Kroulík M. et al. Distribution of root system of hop plants in hop gardens with regular rows cultivation. *Plant Soil Environ*. 2020. Vol. 66 (7). P. 317–326. DOI: <https://doi.org/10.17221/672/2019-PSE>.
21. Стецюк О.П., Кириченко Л.П. Dynamics of Main Power Elements in Variation Methods of Storage Between Rows of Hop Plants. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2017. № 10. P. 80–83.

22. Lib L., Ning H., Liang D. et al. Composition of soil viral and bacterial communities after long-term tillage, fertilization, and cover cropping management. *Applied Soil Ecology*. 2022. Vol. 177. 104510. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104510>.
23. Vijaykumar R., Mehera B., Khare N. et al. Role of green manures in organic farming — A Review. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*. 2021. Vol. 8(8). P. 147–158. URL: <https://www.jetir.org/papers/JETIR2108148.pdf>.

REFERENCES

- Sychevskiy, M.P. (2019). Hlobalna prodovolcha bezpeka ta mistse Ukrainy v yii dosiahnenni [Global food security and Ukraine's place in its achievement]. *Ekonomika APK — Economy of agro-industrial complex*, 1, 6–19. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201901006> [in Ukrainian].
- Mylovanov, Ye.V. (2019). Rol orhanichnoho hromadskoho rukhu u rozvytku orhanichnoho sektoru ahrarynoi haluzi Ukrainy [The role of the organic social movement in the development of the organic sector of the agricultural sector of Ukraine]. *Modern Economics*, 14, 161–173. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V14\(2019\)-26](https://doi.org/10.31521/modecon.V14(2019)-26) [in Ukrainian].
- Khasafari, H., Karbasi, A. & Mohammadi, H. (2020). Determination of the best strategies for development of organic farming: A SWOT — Fuzzy Analytic Network Process approach. *Journal of Cleaner Production*, 277. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124039> [in English].
- Willer, H., Trávníček, J. & Meier, C. (2021). The World of Organic agriculture. Statistics and emerging Trends 2021. FiBI & IFOAM. Organic international. URL: <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1150-organic-world-2021.pdf> [in English].
- Kaminskyi, V.F., Korsun, S.H. & Shkarivska, L.I. (Eds.). (2018). *Vyrobnytstvo orhanichnoi produktsii roslynnytstva v mezhakh silskykh selbshchynykh terytorii [Production of organic products of crop production within rural agricultural areas]*. Vinnytsia: TOV «TVORY» [in Ukrainian].
- Hadzalo, Ya.M. & Kaminskyi, V.F. (2016). *Naukovi osnovy vyrobnytstva orhanichnoi produktsii v Ukraini [Scientific basis of production of organic products in Ukraine]*. Kyiv: Ahraryna nauka. URL: <https://dspace.organic-platform.org/xmlui/handle/data/117> [in Ukrainian].
- Tkachenko, A.M., Buslaieva, N.H. & Kaminska, A.I. (2020). *Rekomendatsii shchodo upravlinnia zemelnymy resursamy ahrarynykh pidpryemstv-vyrobnikiv orhanichnoi produktsii v konteksti rozvytku silskykh terytorii [Recommendations on the management of land resources of agricultural enterprises producing organic products in the context of the development of rural areas]*. Vinnytsia: TOV «TVORY» [in Ukrainian].
- Łuczka, W., Kalinowski, S. & Shmygol, N. (2021). Organic Farming Support Policy in a Sustainable Development Context: A Polish Case Study. *Energies*, 14. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14144208> [in English].
- Kerckhoven, S., Meerten, M. & Wellman, C. (2020). The Dynamics of the Hops Industry. In book: *New Developments in the Brewing Industry*. DOI: <https://doi.org/10.1093/oso/9780198854609.003.0004> [in English].
- Korpelainen, H. & Pietiläinen, M. (2021). Hop (*Humulus lupulus* L.): Traditional and Present Use, and Future Potential. *Econ*, 75, 302–322. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-021-09528-1> [in English].
- Kubes, J. (2021). Geography of World Hop Production 1990–2019. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 80 (1), 1–10. DOI: <https://doi.org/10.18832/kp2012026> [in English].
- Rossini, F., Virga, G. & Loreti, P. (2021). Hops (*Humulus lupulus* L.) as a Novel Multipurpose Crop for the Mediterranean Region of Europe: Challenges and Opportunities of Their Cultivation. *Agriculture*, 11 (6), 484. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11060484> [in English].
- Turner, S.F., Benedict, C.A. & Darby, H. (2011). Challenges and Opportunities for Organic Hop Production in the United States. *Agronomy Journal*, 103 (6), 1645–1654. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0131> [in English].
- Jezek, J., Vostrel, J. & Krofta, K. (2012). Organic hop farming in Czech Republic and worldwide. *Kvasny Prumysl*, 58, 294–302. DOI: <https://doi.org/10.18832/kp2012026> [in Czech].
- Horb, O.O., Chaika, T.O. & Yasnolob, I.O. (2017). Vykorystannia syderalnykh kultur yak vidnovliuvanoho dzherela enerhii v orhanichnomu zemlerobstvi [The use of sidereal crops as a renewable energy source in organic farming]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii — Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 4, 38–41. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2017/04/08.pdf> [in Ukrainian].
- Solarska, E. & Sosnowska, B. (2015). The impact of plant protection and fertilization on content of bioactive substances in organic hops. *Acta scientiarum Polonorum. Hortorum cultus*, 14 (3), 93–101. URL: https://www.researchgate.net/publication/281673196_The_impact_of_plant_protection_and_fertilization_on_content_of_bioactive_substances_in_organic_hops [in English].
- Kolenc, Z., Vodnik, D. & Mandelc, S. (2016). Hop (*Humulus lupulus* L.) response mechanisms in drought stress: proteomic analysis with physiology. *Plant Physiology and Biochemistry*, 105, 67–78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.03.026> [in English].
- Procházka, P., Řehoř, J. & Vostřel, J. (2022). Use of botanicals to protect early stage growth of hop plants against Pseudo peronospora humuli. *Crop Protection*, 157. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.105978> [in English].
- Donner, P., Pokorný, J. & Ježek, J. (2020). Influence of weather conditions, irrigation and plant age on yield and alpha-acids content of Czech hop (*Humulus lupulus* L.) cultivars. *Plant Soil Environ.*, 66 (1),

- 41–46. DOI: <https://doi.org/10.17221/627/2019-PSE> [in Czech].
20. Brant, V., Krofta, K. & Kroulík, M. (2020). Distribution of root system of hop plants in hop gardens with regular rows cultivation. *Plant Soil Environ.*, 66 (7), 317–326. DOI: <https://doi.org/10.17221/672/2019-PSE> [in English].
21. Stetsiuk, O.P. & Kyrychenko, L.P. (2017). Dynamics of Main Power Elements in Variation Methods of Storage Between Rows of Hop Plants. *Ahropromyslove vyrobnytstvo Polissia*, 10, 80–83 [in English].
22. Lib, L., Ning, H. & Liangc, D. (2022). Composition of soil viral and bacterial communities after long-term tillage, fertilization, and cover cropping management. *Applied Soil Ecology*, 177. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104510> [in English].
23. Vijaykumar, R., Mehera, B. & Khare, N. (2021). Role of green manures in organic farming — A Review. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 8 (8), 147–158. URL: <https://www.jetir.org/papers/JETIR2108148.pdf> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 29.01.2024
