

БІОЛОГІЗОВАНІ АГРОПРИЙОМИ ЯК ОСНОВА СТАЛОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ АГРОБІОЦЕНОЗУ ХМЕЛЕПЛАНТАЦІЇ

О.П. Стецюк¹, Л.П. Кириченко¹, В.І. Ратошнюк¹,
І.П. Штанько¹, В.В. Любченко¹, Ю.М. Гльїнський²

¹ 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: viktor.ratoshnyuk@ukr.net; ORCID: 0000-0001-6937-7541

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

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

² Житомирський агротехнічний фаховий коледж (м. Житомир, Україна)

e-mail: ilinskyi@ukr.net; ORCID: 0000-0002-5301-6714

Інтенсивний технологічний процес вирощування хмелю традиційно передбачає утримання міжрядь хмеленасаджень у стані, вільному від рослинності за рахунок міжрядніх культиваций. Це зумовлює до порушення природного процесу відтворення родючості ґрунту, зниження стабільності функціонування та продуктивності агробіоценозу. У хмелярстві проблему сталості хмулоценозу вітчизняні та зарубіжні вчені частково вирішують шляхом сидерації міжрядь, що дає можливість поповнити запаси органічної речовини ґрунту в умовах дефіциту органічних добрив та зменшити антропогенний тиск на довкілля. Це питання вивчається більш широко, і публікації на цю тему зустрічаються у фахових виданнях. Однак фактично невисвітленою є проблема застосування травосумішок для залуження міжрядь як з точки зору впливу на фактор родючості ґрунту, водно-фізичні та хімічні властивості, так і на продуктивність хмелю. Мета досліджень полягає у розробленні основних агроекологічних складових сталого функціонування агробіоценозу хмеленасаджень із метою запобігання детеріорації внаслідок антропогенного навантаження. Методи досліджень — польові, лабораторні, метеорологічні, статистичні. Встановлено, що ефективне функціонування агробіоценозу хмеленасаджень можна забезпечити енергоощадними регламентами застосування добрив, які базуються на: сидерації міжрядь (олійна редька) з внесенням 20 т/га перегною + $N_{180}P_{160}K_{220}$; подвійній сидерації міжрядь (редька олійна і люпин почергово) + $N_{100}P_{60}K_{120}$; залуженні міжрядь із внесенням 20 т/га перегною перед залуженням + $N_{180}P_{160}K_{220}$. При цьому урожайність шишок хмелю залишається на рівні загальноприйнятого регламенту застосування добрив, а на варіанті з сидерацією та внесенням 20 т/га перегною + $N_{180}P_{160}K_{220}$ має перевагу на 9–10%. Еколого-економічна ефективність свідчить про доцільність формування агробіоценозу хмеленасаджень, який ґрунтується на таких складових, як сидерація та залуження міжрядь. Він має менш затратний характер, наближує природний процес ґрунтовідновлення, а по рентабельності перевищує традиційну технологію на 1,0–10,5%.

Ключові слова: хміль, сидерати, залуження, ґрунт, альфа-кислоти.

ВСТУП

Внаслідок тривалого і систематичного антропогенного навантаження на ґрунт під хмеленасадженнями (більше двадцяти механічних операцій, окремі в два сліди, та надвисокі норми органічних та мінеральних добрив, пестицидів) біогеоценоз

хмільника і прилеглі території зазнають надмірного антропогенного тиску. Імовірно, що і сам ґрунт під впливом вказаних факторів різко змінює свої якісні показники. Крім того, інтенсивний технологічний процес вирощування хмелю традиційно передбачає утримання міжрядь хмеленасаджень у стані, вільному від рослинності за рахунок міжрядніх культиваций. Це зу-

© О.П. Стецюк, Л.П. Кириченко, В.І. Ратошнюк,
І.П. Штанько, В.В. Любченко, Ю.М. Гльїнський, 2022

мовлює до порушення природного процесу відтворення родючості ґрунту, зниження стабільності функціонування та продуктивності агробіоценозу [1].

Сучасні світові тенденції у землеробстві вимагають впровадження нових, біоекологічних агроприймів, що зменшують навантаження на агробіоценоз. Серед них — мінімізація механічного та хімічного впливу на ґрунт аж до повної відмови від проведення більшості заходів, підтримання постійного рослинного покриву на поверхні ґрунту. Використання агротехнологій із елементами біологізації на вітчизняних хмеленасадженнях є питанням недослідженим і потребує розширеного і поглибленого вивчення [2; 3].

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Інтенсивні технології, що широко впроваджуються в аграрному секторі економіки, у своїй більшості несуть негативне навантаження навколишньому середовищу загалом і агробіоценозу зокрема [4]. Особливо це стосується культур, які потребують значного антропогенного втручання з метою реалізації технологічного процесу в плані удобрення, захисту рослин та обробітку ґрунту, зокрема соняшник (*Helianthus annuus*), буряк цукровий (*Beta vulgaris saccharifera*), кукурудза (*Zea mays*), соя (*Glycine max Moench*) та ін. У цьому списку окремо слід назвати виноград (*Vitis*) і хміль (*Humulus L.*). Фундаментальною проблемою екології ампелоценозів є деструктивні зміни функціонального стану рослин в умовах зростаючого різноманітного антропогенного впливу. Ці зміни проявляються у вигляді деградації родючості ґрунту, погіршенню хімічних та водно-фізичних властивостей у зонах основного промислового виробництва винограду [5].

Одним зі шляхів природного відновлення родючості ґрунту виноградників є використання біологічної системи його утримання, основу якого становить травосіяння. Виконуючи ґрунтоутворювальну роль, такий спосіб утримання ґрунту спря-

мований на використання відновлюваних природних джерел енергії, акумуляцію її в складові ґрунтової родючості, трансформацію в урожай [6].

У США покривні культури на виноградниках інтенсивно використовують з 90-х років ХХ ст. Системи землеробства з використанням однорічних та багаторічних покривних культур успішно замінили старі енергоємні системи землеробства. Ефективним виявилось утримання частини міжрядь під багаторічними травами, які у міру відростання скошуються косаркою. Навколо рослин винограду ґрунт обробляється, щоб уникнути конкуренції за воду і поживні речовини [7; 8].

Культура хміль (*Humulus L.*) за своїми технологічними особливостями є певною мірою близькою до культури виноград. Тому екологічні проблеми в ампелоценозі близькі до таких самих у агробіоценозі хмеленасаджень (хумулоценозі).

У хмелярстві проблему сталості хумулоценозу вітчизняні та зарубіжні вчені частково вирішують шляхом сидерації міжрядь, що дає можливість поповнити запаси органічної речовини ґрунту в умовах дефіциту органічних добрив та зменшити антропогенний тиск на довкілля. Це питання вивчається більш широко, і публікації на цю тему зустрічаються у фахових виданнях. Однак фактично невисвітленою є проблема застосування травосумішок для залуження міжрядь як з точки зору впливу на фактор родючості ґрунту, водно-фізичні та хімічні властивості, так і на продуктивність хмелю. Однак у Новій Зеландії Том Інґліс із групою вчених досліджують органічне хмелярство з вирощуванням суміші трав вівса і конюшини як ґрунтопокривної міжрядами хмелю з періодичним скошуванням і мульчуванням міжрядь, що сприяє стабілізації гумусу та накопиченню азоту. При цьому, урожайність культури зменшується, але вміст альфа-кислот залишається на тому самому рівні, що і за традиційних технологій. В цілому сегменті вартість такого хмелю дещо вища, проте попит стабільний і його економічно вигідно вирощувати [9].

У той самий час у вітчизняній науковій літературі відсутні дані щодо вивчення цієї проблеми. Тому питання з дослідження критеріїв сталого функціонування агробіоценозу хмеленасаджень є актуальним, проте мало вивченим.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження здійснювались впродовж 2011–2015 рр. на хмелеплантації № 221 Інституту сільського господарства Полісся НААН.

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

Дослідна ділянка розташована на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті.

Органічні добрива — перегній, сидеральні культури. Серед однорічних застосовувались: редька олійна — варіанти 5,6; комбінація редька олійна+люпин вузьколистий (висівались в третій декаді квітня) та гірчиця (висівалась в третій декаді серпня) — варіанти 7,8. Зароблялась у ґрунт зелена маса у другій декаді червня — першій декаді липня залежно від культури за допомогою дискових знарядь (з одночасним підгортанням рослин у рядку). Висів гірчиці як повторної сидеральної культури застосовується як варіант біологічного обробітку ґрунту (осінній основний обробіток ґрунту не проводиться).

Мінеральні добрива: — аміачна селітра 34%; гранульований суперфосфат 20%; калімагnezія 29%.

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 шишок хмелю з урахуванням біологічних особливостей сорту.

Спосіб внесення добрив — локально в борозну, рано навесні в період розорювання гребенів, перед обрізкою маток хмелю, і підживлення азотом у період вегетації рослин згідно зі схемою досліджень.

Для залуження міжрядь були висіяні багаторічні трави: райграс пасовищний

(*Lolium perenne* L.), тонконіг лучний (*Poa pratensis*), вівсяниця червона (*Festuca rubra* L.), конюшина біла (*Trifolium repens*) у співвідношенні — 2:1:1:1.

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

Схема досліді включає такі варіанти:

- 1) без добрив;
- 2) гній 40 т/га + N₁₈₀P₁₆₀K₂₂₀;
- 3) залуження + N₁₈₀P₁₆₀K₂₂₀;
- 4) залуження + гній 20 т/га + N₁₈₀P₁₆₀K₂₂₀;
- 5) сидерат + N₁₈₀P₁₆₀K₂₂₀;
- 6) сидерат + гній 20 т/га + N₁₈₀P₁₆₀K₂₂₀;
- 7) подвійна сидерація + N₁₄₀P₈₀K₁₆₀;
- 8) подвійна сидерація + N₁₀₀P₆₀K₁₂₀.

Перегній вносимо періодично, через рік.

Сорт хмелю Промінь, гіркий, середньостиглий. Розмір дослідної ділянки (варіанта) — 30 м², облікової — 24 м². Площа живлення рослин 3×1 м. Повторність досліді — чотириразова.

Вісім (8) варіантів досліді розміщено систематично, двома блоками в чотирьох повтореннях. Блок 1 включає 2 повних набори варіантів і блок 2 включає 2 повних набори варіантів.

Для агрохімічної оцінки ґрунту перед закладанням відбиралися зразки з трьох горизонтів: 0–20 см; 21–40; 41–60 см.

У період збирання врожаю відбирають зразки ґрунту з трьох горизонтів кожного варіанта для агрохімічного аналізу. В цей самий період відбираються зразки шишок по варіантах досліді для визначення їх якості.

У зразках шишок передбачається визначення вмісту альфа-кислот кондуктометричним методом згідно з чинною нормативною документацією.

У зразках ґрунту визначаються такі агрохімічні показники: гумус — за Тюриним (перед закладанням досліді, перед черговим внесенням органічних добрив); органічна речовина — методом спалювання (перед закладанням досліді, перед черговим внесенням органічних добрив);

pH_{сол.} та гідролітична кислотність — потенціометрично; азот лужногідролізований — за Корнфілдом; фосфор та калій — методом Кірсанова.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Вихідні дані якісних показників дерново-підзолистого ґрунту, одержані на початку закладання полігону досліджень, свідчать про доволі низький вміст гумусу в 0–20 см шарі ґрунту — до 1,19% та до 0,58% в абсолютних одиницях у 20–40 см шарі, дещо підвищену кислотність (pH 4,4–5,2), середню забезпеченість фосфором (246–335 мг/кг ґрунту) та дуже

низьку забезпеченість обмінним калієм (41–84 мг/кг ґрунту), а також загальний вміст органічної речовини коливався в межах 0,70–1,30% (табл. 1).

Результати, одержані по закінченні наших досліджень, дають змогу стверджувати, що окремі якісні показники дерново-підзолистого ґрунту за п'ятирічний період дещо змінилися від системи удобрення культури *Humulus L.*, та способу утримання міжрядь (табл. 2).

Якщо величина гумусу практично залишалась стабільною на всіх варіантах удобрення, крім контролю, то загальний вміст органічної речовини дещо диференціювався. Так, в абсолютних показниках

Таблиця 1. Агрохімічні показники ґрунту пл. № 221 (відбір — весна 2011 р.)

| Шар, см | Гумус, % | Органічна речовина, % | pH _{сол.} | Нг | S | N _{гідр.} , мг/кг | P ₂ O ₅ , мг/кг | K ₂ O, мг/кг |
|---------|----------|-----------------------|--------------------|--------------|-----|----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| | | | | мг-екв/100 г | | | | |
| 0–20 | 1,19 | 1,30 | 5,2 | 0,95 | 1,6 | 104 | 335 | 84 |
| 20–40 | 0,58 | 0,70 | 4,4 | 0,69 | 0,1 | 59 | 246 | 41 |

Таблиця 2. Динаміка гумусу та органічної речовини за 2011–2015 рр.

| № в-та | Шар ґрунту, см | Гумус, % | | | Органічна речовина, % | | |
|--------|----------------|----------------|----------------|-------|-----------------------|----------------|------|
| | | відбір 2011 р. | відбір 2015 р. | +/- | відбір 2011 р. | відбір 2015 р. | +/- |
| 1 | 0–20 | 1,19 | 1,15 | -0,04 | 1,3 | 1,1 | -0,2 |
| | 20–40 | 0,58 | 0,54 | -0,04 | 0,7 | 0,5 | -0,2 |
| 2 | 0–20 | 1,19 | 1,21 | +0,02 | 1,3 | 1,6 | +0,3 |
| | 20–40 | 0,58 | 0,59 | +0,01 | 0,7 | 0,8 | +0,2 |
| 3 | 0–20 | 1,19 | 1,19 | — | 1,3 | 1,5 | +0,2 |
| | 20–40 | 0,58 | 0,58 | — | 0,7 | 0,7 | — |
| 4 | 0–20 | 1,19 | 1,20 | +0,01 | 1,3 | 1,7 | +0,4 |
| | 20–40 | 0,58 | 0,60 | +0,02 | 0,7 | 0,7 | — |
| 5 | 0–20 | 1,19 | 1,19 | — | 1,3 | 1,6 | +0,3 |
| | 20–40 | 0,58 | 0,60 | +0,02 | 0,7 | 0,8 | +0,5 |
| 6 | 0–20 | 1,19 | 1,23 | +0,04 | 1,3 | 1,8 | +0,5 |
| | 20–40 | 0,58 | 0,62 | +0,04 | 0,7 | 0,9 | +0,2 |
| 7 | 0–20 | 1,19 | 1,22 | +0,03 | 1,3 | 1,9 | +0,6 |
| | 20–40 | 0,58 | 0,61 | +0,03 | 0,7 | 0,9 | +0,2 |
| 8 | 0–20 | 1,19 | 1,22 | +0,03 | 1,3 | 1,8 | +0,5 |
| | 20–40 | 0,58 | 0,61 | +0,03 | 0,7 | 0,8 | +0,1 |

він мав значну перевагу над контрольним варіантом (без добрив), майже рівними по значенню були варіанти 2, 4, 6, яким поступався варіант 3, і спостерігається тенденція до збільшення вмісту органіки на варіантах 7 і 8 порівняно з усіма, що вивчалися.

Кислотність ґрунту має свої особливості, вона далека від оптимальної на всіх варіантах, і спостерігається тенденція до її підвищення. Найменшому негативному впливу щодо підвищення кислотності піддався варіант 1 (без добрив). Це можливо пояснити лише одним — удобрені варіанти мали значне навантаження азотними добривами, зокрема аміачною селітрою, яка, як відомо, має ефект підкислення ґрунтів (табл. 3).

Щодо вмісту легкогідролізованого азоту, то слід відмітити позитивну тенденцію до його накопичення на варіантах 3, 4, 7 і 8, що, імовірно, пов'язано зі включенням бобових (конюшина біла та люпин) в систему удобрення. Маємо різке зниження легкогідролізованого азоту на варіанті без добрив,

та практично на одному рівні з вихідними показниками на всіх інших варіантах.

Рухомий фосфор та калій у наших дослідженнях — це ті два елементи, вміст яких на удобрених варіантах у ґрунті по закінченні досліджень зріс порівняно з вихідними показниками. Імовірно, це пов'язано з тим, що продуктивність хмелю за період досліджень була досить посередньою, оскільки несприятливий температурно-вологий режим та висока кислотність не дали змоги повністю реалізувати потенціал хмелю сорту Промінь, і тому ці два елементи живлення (особливо фосфор) залишились зв'язаними ґрунтово-поглинальним комплексом.

Отже, агроекологічні ресурси хмелеплантації по критерію якісних показників ґрунту мають доволі посередній потенціал і для сталого функціонування агробіоценозу хмеленасаджень потребують системного і щосезонного надходження енергетичних ресурсів у формі органіки та мінеральних елементів живлення.

Таблиця 3. Агрохімічні показники ґрунту пл. № 221 (відбір — осінь 2015 р.)

| № в-та | Шар ґрунту, см | pH _{сол.} | Нг | S | N _{гідр.} , мг/кг | P ₂ O ₅ , мг/кг | K ₂ O, мг/кг |
|--------|----------------|--------------------|--------------|-----|----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| | | | мг-екв/100 г | | | | |
| 1 | 0–20 | 5,2 | 0,98 | 1,2 | 50 | 115 | 50 |
| | 20–40 | 4,2 | 0,72 | 0,4 | 29 | 100 | 20 |
| 2 | 0–20 | 4,8 | 0,95 | 1,7 | 112 | 355 | 152 |
| | 20–40 | 4,1 | 0,73 | 0,1 | 60 | 230 | 83 |
| 3 | 0–20 | 4,9 | 1,00 | 1,8 | 157 | 335 | 161 |
| | 20–40 | 3,9 | 0,77 | 0,4 | 73 | 225 | 72 |
| 4 | 0–20 | 4,9 | 1,03 | 2,0 | 146 | 388 | 168 |
| | 20–40 | 4,1 | 0,80 | 0,2 | 78 | 265 | 91 |
| 5 | 0–20 | 4,8 | 1,13 | 2,0 | 112 | 345 | 150 |
| | 20–40 | 3,9 | 0,77 | 0,4 | 63 | 245 | 80 |
| 6 | 0–20 | 4,9 | 1,13 | 2,4 | 109 | 380 | 163 |
| | 20–40 | 3,9 | 0,83 | 0,1 | 62 | 285 | 90 |
| 7 | 0–20 | 5,0 | 1,03 | 2,0 | 164 | 375 | 170 |
| | 20–40 | 4,0 | 0,74 | 0,1 | 87 | 283 | 84 |
| 8 | 0–20 | 5,0 | 1,11 | 2,0 | 159 | 353 | 169 |
| | 20–40 | 4,1 | 0,90 | 0,1 | 89 | 273 | 90 |

Досліджені особливості живлення свідчать, що культура хмелю загалом досить вимоглива до родючості ґрунту. З елементів живлення найбільше потребує азоту, далі йде калій та фосфор. Однак коефіцієнт використання та винос їх рослинами напряму залежить від умов зволоження.

Що ж стосується продуктивного впливу деяких технологічних заходів, наприклад, технологій утримання ґрунту у міжряддях, то дослідження в цьому напрямі в галузі хмелярства досить обмежені. Лише окремі автори відзначають певний позитивний вплив альтернативних технологій, зокрема сидерації, при вирощуванні цієї культури. З'ясовано, що його вплив у більшості випадків є менш істотним порівняно з традиційним використанням гною та утриманням міжрядь під чорним паром. Перевага альтернативних технологій більш чітко проявляється в енергетичних та економічних показниках, зокрема економії трудових і фінансових ресурсів, техніки й паливно-мастильних матеріалів, забезпеченні більшої оперативності виконання польових робіт [10], а також зменшенні ризику розвитку водної та вітрової ерозії, покращанні агрофізичних і агрохімічних властивостей ґрунту.

Урожайність зеленої маси сидератів весняного висіву в 2015 р. залежно від варіанта і культури становила 13,98–

18,24 т/га. Трави за два укоси сформували 4,02 і 4,50 т/га. У перерахунок на суху біомасу в верхній шар ґрунту надійшло 0,71–3,5 т/га (табл. 4).

Наші дослідження (табл. 5) вказують на домінування удобрення серед інших чинників впливу на урожайність хмелю. Всі удобрені варіанти мають значну перевагу перед абсолютним контролем (121,4–235,7%).

Внесення зменшеної удвічі дози гною за умов додаткового надходження органічної маси із сидератом або зеленою масою трав за ефективністю не тільки не поступаються традиційній системі удобрення, але й перевищують її. Також позитивний ефект принесло накопичення органічної речовини на варіанті з подвійною сидерацією та внесенням мінеральних добрив.

Ця тенденція підтверджується загалом за п'ять років досліджень — найефективнішими за урожайністю виявились варіанти з додатковим надходженням органічної маси — 4, 6 та 7, проте варіанти 4 і 7 незначно поступалися загальноприйнятій технології. Однак зрештою за рахунок підвищеного вмісту валовий збір альфакислот (варіанти 4 і 6) мав певну перевагу, що позначилось на еколого-економічній ефективності вирощування хмелю.

Humulus L. є однією з основних, нічим незамінною і найбільш дорогою специфіч-

Таблиця 4. Ефективність застосування залуження та сидерації міжрядь, 2015 р. (без урахування кореневих решток)

| Варіант | Культура ¹ | Час висіву | Норма висіву, кг/га | Кількість зеленої маси | | |
|---------|----------------------------------|------------|---------------------|--------------------------|----------------|------------|
| | | | | на 1 м ² , кг | на ділянці, кг | на 1 га, т |
| 3 | Багаторічні трави ² | — | — | 0,67 | 12,06 | 4,02 |
| 4 | Багаторічні трави ² | — | — | 0,75 | 13,50 | 4,50 |
| 5 | Редька олійна | I дек. 05. | 15 | 2,39 | 43,02 | 14,34 |
| 6 | Редька олійна | I дек. 05. | 15 | 2,69 | 48,42 | 16,14 |
| 7 | Редька олійна люпин вузьколистий | I дек. 05. | 15 | 3,04 | 54,72 | 18,24 |
| | | | 160 | 2,40 | 43,20 | 14,40 |
| 8 | Редька олійна люпин вузьколистий | I дек. 05. | 15 | 2,55 | 45,90 | 15,30 |
| | | | 160 | 2,33 | 41,94 | 13,98 |

Примітки: ¹ Займають близько 60% площі хмелешпалери. ² Разом за два укоси.

Таблиця 5. Урожайність сухих шишок хмелю, 2011–2015 рр.

| № з/п | Варіанти дослідю | Урожайність, т/га | | | | | | Відхилення від абс. контролю ± | | Відхилення від контролю ± | |
|-------------------|---|-------------------|------|------|------|------|---------|--------------------------------|------|---------------------------|-------|
| | | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | середнє | т/га | % | т/га | % |
| 1 | Без добрив (абс. контроль) | 1,14 | 1,08 | 1,00 | 0,90 | 0,42 | 0,91 | — | — | — | — |
| 2 | N ₁₈₀ P ₁₆₀ K ₂₂₀ + перегній 40 т/га (контроль) | 1,44 | 1,81 | 1,88 | 1,61 | 1,10 | 1,57 | 0,66 | 72,5 | — | — |
| 3 | N ₁₈₀ P ₁₆₀ K ₂₂₀ + залуження міжрядь | 1,18 | 1,42 | 1,40 | 1,43 | 0,93 | 1,27 | 0,36 | 39,6 | -0,3 | -19,1 |
| 4 | N ₁₈₀ P ₁₆₀ K ₂₂₀ + перегній 20 т/га + залуження міжрядь | 1,25 | 1,78 | 1,65 | 1,68 | 1,17 | 1,50 | 0,59 | 64,8 | -0,07 | -4,4 |
| 5 | N ₁₈₀ P ₁₆₀ K ₂₂₀ + сидерація | 1,29 | 1,63 | 1,56 | 1,59 | 1,09 | 1,43 | 0,52 | 57,1 | -0,14 | -8,9 |
| 6 | N ₁₈₀ P ₁₆₀ K ₂₂₀ + перегній 20 т/га + сидерація | 1,35 | 1,80 | 1,82 | 1,88 | 1,41 | 1,65 | 0,74 | 81,3 | 0,08 | +5,0 |
| 7 | N ₁₄₀ P ₈₀ K ₁₆₀ + подвійна сидерація | 1,33 | 1,75 | 1,46 | 1,61 | 1,14 | 1,46 | 0,55 | 60,4 | -0,11 | -7,0 |
| 8 | N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + подвійна сидерація | 1,27 | 1,60 | 1,39 | 1,42 | 1,02 | 1,34 | 0,43 | 47,2 | -0,23 | -14,6 |
| НІР ₀₅ | | 0,04 | 0,02 | 0,06 | 0,07 | 0,05 | | | | | |

ною сировиною для виробництва пива. Це обумовлено тим, що у шишках хмелю міститься унікальний комплекс гірких речовин – поліфенолів, ефірних масел і біологічно активних сполук, що визначають не тільки смакові й ароматичні, але і антибіотичні, антиоксидантні та лікувальні властивості. Саме вони надають пиву характерний специфічний смак і аромат, беруть участь в освітленні напою, утворенні піни і, маючи антибіотичні властивості, підвищують стійкість пива під час зберігання.

Біохімічний склад шишок може коливатися, і значно залежить від сорту, погодних умов в період вегетації, системи удобрення, строків збирання та післязбиральної обробки. Найбільш цінним для пивоваріння і визначальним при оцінці якості та вар-

тості хмелесировини компонентом серед гірких речовин є альфа-кислоти. Тому від якості шишок, тобто вмісту в них альфа-кислот, залежить не тільки якість пива, а також ефективність виробництва хмелю у господарстві.

Результати наших досліджень щодо якості врожаю виявили закономірності її формування залежно від чинників, що вивчали. Так, системи удобрення, які були застосовані на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті, по-різному впливали на вміст альфа-кислот в шишках. Головна ж особливість полягає в тому, що відсутність удобрення сприяє незначному накопиченню альфа-кислот, а застосування традиційної системи удобрення (контроль) зумовлює дещо нижчу інтенсивність утворення альфа-кислот у шишках хмелю. Порівняно

з абсолютним контролем за п'ять років у середньому вміст альфи мав нижчі показники на 12,7%.

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. Зокрема, однією з найбільш трудомістких операцій є обрізування головних кореневищ, на виконання якої затрачається понад 180 люд.-год/га щороку [11]. Враховуючи весь комплекс технологічних операцій маємо досить значні, порівняно зі сівозмінними культурами, затрати людської праці на одиницю площі хмільника і врожаю шишок хмелю. Крім того, захист хмелю від хвороб та шкідників передбачає до 7–9 технологічних операцій з обробки рослин агрохімікатами, що сягає майже 30% від витрат на вирощування цієї культури (без врахування витрат на збирання та первинну обробку шишок хмелю) [12–14].

Ефективність вирощування *Humulus L.* в середньому за 2011–2015 рр. загалом характеризується не досить високими показниками, що пов'язано з різким коливанням цін за цей період на світовому ринку хмелю. Однак витрати на виробництво хмелепродукції за умови застосування альтернативних технологій зменшувалися на 4,2–13,2%.

Еколого-економічна ефективність свідчить про доцільність формування агробіоценозу хмеленасаджень, який базується на таких складових, як сидерація та залуження міжрядь. Він має менш затратний характер, наближує природний процес ґрунтовідновлення, а по рентабельності перевищує традиційну технологію на 1,0–10,5%.

ВИСНОВКИ

1. Ефективне функціонування агробіоценозу хмеленасаджень можна забезпечити енергоощадними регламентами застосування добрив, які базуються на: сидерації міжрядь (редька олійна) з внесенням 20 т/га перегною + $N_{180}P_{160}K_{220}$; подвійній сидерації міжрядь (редька олійна і люпин почергово) + $N_{100}P_{60}K_{120}$; залуженні міжрядь з внесенням 20 т/га перегною перед залуженням + $N_{180}P_{160}K_{220}$. При цьому, урожайність шишок хмелю (*Humulus L.*) залишається на рівні загальноприйнятого регламенту застосування добрив, а на варіанті з сидерацією та внесенням 20 т/га перегною + $N_{180}P_{160}K_{220}$ має перевагу на 9–10%.

2. Енергоощадні регламенти застосування добрив підвищують вміст альфакислот в шишках хмелю, порівняно з традиційним на 4–11 відсотків.

3. Якісні показники родючості дерново-підзолистого ґрунту потребують постійного і системного поповнення елементів живлення, бажано у формі традиційних органічних добрив та сидеральних культур у поєднанні з мінеральними добривами, а також за рахунок органічної маси багаторічних трав, що вирощуються у міжряддях хмеленасаджень.

4. Еколого-економічна ефективність свідчить про доцільність формування агробіоценозу хмеленасаджень, який базується на таких складових, як сидерація та залуження міжрядь. Він має менш затратний характер, наближує природний процес ґрунтовідновлення, а по рентабельності перевищує традиційну технологію на 1,0–10,5%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Годованый А.А. Интенсивная технология возделывания хмеля: научно-методические рекомендации. Киев: «Урожай», 1994. 40 с.
2. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні: моногр. / за ред. М.К. Шпикули. Київ: «Оранта», 2000. 389 с.
3. Стецюк О.П., Кириченко Л.П., Шпакевич Л.Ю. Застосування технологій з елементами біологізації на хмеленасадженнях. *Сучасний стан і перспективи ефективного використання земельних ресурсів Житомирської області*: зб. ст. наук.-прак. конф. (м. Житомир, 20–21 січн. 2016 р.). Вид-во ЖДУ ім. І. Франка. С. 180–183.
4. Рижук С.М., Ратошнюк Т.М., Ратошнюк В.І. та ін. Концепція розвитку галузі хмелярства в Україні: науково-методичні рекомендації. Житомир: ПП «Рута», 2020. 48 с.
5. Власов В.В. Теоретическое обоснование формирования ампелоландшафтов. *Агроэкологический журнал*. 2009. № 1. С. 19–23.

6. Клименко О.Є., Клименко М.І., Акчурін О.Р., Клименко Н.М. Задернення міжряд і застосування бактеріальних препаратів для підвищення родючості ґрунту та продуктивності виноградника. *Біологічні системи*. 2012. Т. 4. Вип. 2. С. 171–174.
7. McGourty Glenn T. Cover Cropping Systems for Organically Farmed Vineyards. *Practical Winery and Vineyard Magazine*. September/October 2004. P. 22–25.
8. Lockwood David. Chemical Weed Control in Vineyards. *Grapes*. June 20, 2019. URL: <https://grapes.extension.org/chemical-weed-control-in-vineyards/>
9. Inglis T., Knudsen F., Oldham D. et al. Organic hop production in New Zealand. *Brewing and Beverage Industry International*. 1996. No 1. P. 22–23.
10. Рижук С.М., Ратошнюк Т.М., Ратошнюк В.І. та ін. Концептуальні засади удосконалення ринкового регулювання розвитку вітчизняної галузі хмелярства. Житомир: ПП «Рута», 2018. 36 с.
11. Остроменський О.Б., Стецюк О.П., Михайлов М.Г. та ін. Ефективність вирощування хмелю без обрізування головних кореневищ. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 1. С. 150–156. DOI: <https://doi.org/10.33730/20774893.1.2021.227.253>
12. Рижук С.М., Ратошнюк Т.М., Штанько І.П. та ін. Типові ресурсозберігаючі технологічні проекти вирощування хмелю в зоні Полісся та Лісостепу України: науково-практичні рекомендації. Житомир: ПП «Рута». 2020. 68 с.
13. Venger O., Fedorchuk N., Klyuchevich M. and Stolyar S. Controlling the pests of hop seedlings. *Sciences of Europe*. 2021. № 66. P. 18–22.
14. Венгер О.В., Федорчук Н.А. Захист хмелю від первинної інфекції несправжньої борошністої роси. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 10. Т. 99. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202110-04>

REFERENCES

1. Godovanyj, A.A. (1994). *Intensivnaya tehnologiya vozdeljvaniya hmelya: nauchno-metodicheskiye rekomendatsii [Intensive hop cultivation technology: scientific and methodological recommendations]*. Kyiv [in Russian].
2. Shykuly, M.K. (Ed.) (2000). *Gruntozakhysna biolohichna systema zemlerobstva v Ukraini: monohrafiya [Soil protection biological system of agriculture in Ukraine: monograph]*. Kyiv [in Ukrainian].
3. Stetsiuk, O.P., Kyrychenko, L.P. & Shpakevych, L.Y. (2016). Zastosuvannya tekhnolohii z elementamy biolohizatsii na khmelenasadzhenniakh [Application of technologies with elements of biologization on hop plantations]. *Suchasnyi stan i perspektivy efektyvnoho vykorystannya zemelnykh resursiv Zhytomyrskoi oblasti: zbirnyk statei naukovo-praktychnoi konferentsii [The current state and prospects of effective use of land resources of the Zhytomyr region: a collection of articles of the scientific and practical conference]*. (pp.180–183). Zhytomyr [in Ukrainian].
4. Ryzhuk, S.M., Ratoshnyuk, T.M., Ratoshnyuk, V.I. et al. (2020). *Kontseptsiya rozvytku haluzi khmeliarstva v Ukraini: naukovo-metodychni rekomendatsii [The concept of hop industry development in Ukraine: scientific and methodical recommendations]*. Zhytomyr [in Ukrainian].
5. Vlasov, V.V. (2009). Teoretycheskoe obosnovanye formirovaniya ampelolandshaftov [Theoretical basis for the formation of ampelolandshafts]. *Ahroekolohichni zhurnal – Agroecological journal*, 1, 19–23 [in Russian].
6. Klymenko, O.I., Klymenko, M.I., Akchurin, O.R. & Klymenko, N.M. (2012). Zadernennia mizhriadi i zastosuvannya bakterialnykh preparativ dlia pidvyshchennia rodiuchosti hruntu ta produktyvnosti vynohradnyka [Turving between rows and the use of bacterial preparations to improve soil fertility and vineyard productivity]. *Biolohichni systemy – Biological systems*, 4, 2, 171–174 [in Ukrainian].
7. McGourty, Glenn T. (2004). Cover Cropping Sys-
tems for Organically Farmed Vineyards. *Practical Winery & Vineyard Magazine*, 22–25 [in English].
8. Lockwood, David (2020). Chemical Weed Control in Vineyards. *Grapes*. URL: <https://grapes.extension.org/chemical-weed-control-in-vineyards/> [in English].
9. Inglis, T., Knudsen, F., Oldham, D. et al. (2006). Organic hop production in New Zealand. *Brewing and Beverage Industry International*, 1, 22–23 [in English].
10. Ryzhuk, S.M., Ratoshnyuk, T.M., Ratoshnyuk, V.I. et al. (2018). *Kontseptualni zasady udoskonalenia rynkovoho rehulivannia rozvytku vitchyzniano haluzi khmeliarstva [Conceptual principles of improving the market regulation of the development of the domestic hop industry]*. Zhytomyr [in Ukrainian].
11. Ostromenskiy, O.B., Stetsyuk, O.P., Mykhaylov, M.G. et al. (2021). Efektyvnist vyroshchuvannya khmeliu bez obrizuvannya holovnykh korenevyshech [Effective of hop growing without cutting of main roots depending upon the underground plant part]. *Ahroekolohichni zhurnal – Agroecological journal*, 1, 150–156 [in Ukrainian].
12. Ryzhuk, S.M., Ratoshnyuk, T.M., Shtanko, I.P. et al. (2020). *Typovi resursozberihaiuchi tekhnolohichni proekty vyroshchuvannya khmeliu v zoni Polissia ta Lisostepu Ukrainy: naukovo-praktychni rekomendatsii [Typical resource-saving technological projects of hop growing in the Polissya and Forest-Steppe zone of Ukraine]*. Zhytomyr [in Ukrainian].
13. Venger, O., Fedorchuk, N., Klyuchevich, M. & Stolyar, S. (2021). Sontrolling the pests of hop seedlings. *Sciences of Europe*, 66, 18–22 [in English].
14. Venher, O.V. & Fedorchuk, N.A. (2021). Zakhyst khmeliu vid pervynnoi infektsii nespravzhnoi boroshnystoi rosy [Protection of hops from primary infection of powdery mildew]. *Visnyk ahrranoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 10, 99. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202110-04> [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 29.05.2022