

ПОПЕРЕДЖЕННЯ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ХМЕЛЕНАСАДЖЕННЯХ ПОЛІССЯ

О.П. Стецюк, Л.П. Кириченко,
В.В. Любченко, І.П. Штанько

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

У статті акцентовано увагу на результатах досліджень окремих елементів технологічного процесу вирощування хмелю, які запобігають вітровій ерозії в агроєкосистемі хмеленасаджень, а також їх вплив на продуктивність та якість хмелесировини. Методи — польові досліді, лабораторні, метеорологічні дослідження, статистичні методи аналізу. Встановлено, що в агроєкосистемі хмелеплантації визначальними параметрами протиідефляційної стійкості ґрунту є ступінь покриття міжрядь хмеленасаджень сидеральними культурами в еолово небезпечний період та зволоження ґрунту, яке знижує показники руйнування вітростійких агрегатів до ерозійно небезпечних розмірів — менше 1 мм. У середньому за три роки досліджень імовірно-розрахункові втрати ґрунту на варіантах загальноприйнятої технології за рахунок дефляції досягали 4,76–4,84 т/га, ґрунтозахисні агротехнології майже на 100% запобігали цим негативним для агроєкосистеми хмеленасаджень процесам. Продуктивність шишок хмелю свідчить про те, що традиційна технологія вирощування порівняно з варіантами ґрунтозахисної практично не мала переваги. Якщо врожай шишок за традиційної технології вирощування становив 1,63–1,72 т/га, то ґрунтозахисна технологія вирощування реалізувала себе в межах 1,53–1,67 т/га шишок хмелю. Сидерація міжрядь хмеленасаджень пелюшко-вівсяною сумішкою дала змогу одержати таку саму продуктивність шишок, що і внесення перегною в межах 40 т/га раз на два роки. Якщо порівнювати з абсолютним контролем (варіант без добрив), то ми спостерігаємо значну перевагу з урожайності як традиційної агротехнології, так і ґрунтозахисної. В середньому за три роки перевагу з накопичення альфа-кислот виявлено на варіантах ґрунтозахисних агротехнологій, порівняно з традиційною приріст був 0,3 абсолютних відсотки. Тому, ефективне функціонування агробіоценозу хмеленасаджень можна забезпечити застосуванням нових еколого-безпечних ґрунтозахисних агроприйомів, які базуються на утриманні міжрядь під сидеральними культурами та внесенням у ґрунт суперабсорбенту вологи Теравет. Агробіологічні способи утримання ґрунту дають можливість зменшити антропогенне навантаження на екосистему хмільника, підтримуючи стабільну продуктивність, а також природний процес ґрунтовідновлення, попереджають дефляційно небезпечні процеси на легких дерново-підзолистих ґрунтах, а за продуктивністю одержаної хмелесировини наближаються до традиційної технології.

Ключові слова: хміль, ґрунтозахисна технологія, сидерат, ґрунт, абсорбент Теравет.

ВСТУП

Традиційні регіони вирощування хмелю перебувають під впливом змін агрокліматичних умов такою самою мірою, як інші агробіоценози, що вимагає нових методичних підходів до вже існуючих технологічних процесів та їх адаптації з врахуванням

погодно-кліматичних чинників вегетаційного періоду хмелю.

Агроєкологічні системи багаторічних насаджень хмелю у зв'язку зі зниженням вологозабезпеченням, а також нерівномірним розподілом опадів під час росту та розвитку рослин значно втрачають у продуктивності та якості хмелесировини. Крім того, дефіцит вологи сприяє пересиханню

верхнього шару ґрунту, особливо у перехідний весняно-літній період, коли агро-екосистема хмелеплантації ще незахищена рослинністю. Більшість хмелеплантацій та хмеленасаджень розміщено на легких дерново-підзолистих ґрунтах Полісся, які є дефляційно небезпечними за таких умов. Посилення швидкості вітру призводить до видування верхнього родючого шару ґрунту з агроекосистеми хмеленасаджень, в окремі роки в цей період спостерігаються пилові бурі, що раніше було рідкістю для Полісся. Втрати родючого шару ґрунту до того ж наближались до 5 т/га. Легкий гранулометричний склад дерново-підзолистого ґрунту сприяє дефляційним процесам уже за швидкості вітру до 5–7 м/с на ґрунтовій поверхні.

Наведені чинники вказують на те, що агроекосистеми багаторічних насаджень хмелю потребують технологічної адаптації до змін клімату.

Утримання міжрядь хмеленасаджень під сидеральними культурами у найнебезпечніший весняно-літній період активно сприяє захисту ґрунтів від дефляційно небезпечних процесів.

Наявність рослинного покриву забезпечує також можливість проведення технологічних операцій під час перезволоження ґрунту. Під час посухи сидерати та багаторічні трави запобігають дефляції.

Одним із напрямів реалізації нашого проєкту є включення в систему досліджень застосування вологоутримувальних супер-абсорбентів, що особливо актуально в умовах змін клімату. Під час закладання нових багаторічних хмеленасаджень це сприяє розвитку кореневої системи рослин і підвищенню врожайності. Полімери мають рідкісну властивість кристалів поглинати і утримувати в собі таку кількість рідини, яка в сотні разів перевищує їх власну вагу, а за необхідності (під час засухи) віддавати цю воду рослині.

Мета роботи полягає у виявленні технологічно адаптованих агроприймів у системі багаторічних насаджень хмелю в умовах змін клімату, що б надійно захищали легкі дерново-підзолисті ґрунти Полісся

від вітрової ерозії та забезпечували стабільно продуктивне функціонування агробіоценозу хмеленасаджень.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Основними причинами мінливості клімату та його змін є поєднання впливу зовнішніх та внутрішніх чинників на кліматичну систему. За даними останнього звіту ВМО (Всесвітньої метеорологічної організації), в найближчі десятиріччя очікується продовження глобального потепління клімату, до 2100 р. середня температура підвищиться на 1–3°C. Ці зміни завдають значного впливу на сільське господарство. Тому важливо розробити стратегію боротьби з подібними варіаціями, застосовувати технологічні зміни та інновації для збереження продуктивності сільськогосподарських культур [1].

Значну актуальність в умовах змін клімату набуває застосування вологоутримувальних суперабсорбентів, котрі особливо успішно застосовуються в посушливих регіонах Близького Сходу та Китаю [2–4]. За результатами досліджень вчених цих регіонів використані суперабсорбувальні полімери (SAP) позитивно впливали на вологоутримувальні властивості ґрунтів, їх санацію та відновлення, ріст і розвиток різних сільськогосподарських культур та дерев, що дало можливість рослинам витримати умови посухового стресу та підвищити їх урожайність.

Поглинання та десорбція води за застосування суперабсорбентів допомагає впливати на пересихання ґрунтів та їх якість. Суперабсорбувальні гідрогелі є повністю біорозкладними та забезпечують чистоту ґрунт–повітря [5].

За даними S. Malik, K. Chaudhary, A. Malik [6] із індійського сільськогосподарського університету SAP покращують пористість ґрунту (0,26–6,91%) та зменшують втрати азоту з ґрунту до 45%.

Водночас китайські науковці Y. Yang, S. Zhang, J. Wu, C. Gao, D. Lu [7] у своїх дослідженнях за використання SAP на пшениці озимій мали збільшення кількості

агрегатів розміром $>0,25$ мм та зменшення кількості агрегатів $<0,25$ мм після одного року (2009 р.) та 9 років (2019 р.) використання. Крім того, SAP підвищує застосування води та азоту. Обробка SAP у дозі 45 кг/га є найефективніша на пшениці озимій.

Чилійські вчені D. Palma, O. Lagos, C. Souto [8] досліджували гідрогель на трьох ґрунтах грубої текстури та одному ґрунті середньої текстури. Отримали дані, що на піщаних ґрунтах ефект гідрогелів краший, ніж на глинистих.

Китайські дослідники H. Zheng, P. Mei, W. Wang [9], провели глобальний мета-аналіз 1504 парних точок даних із 310 статей, опублікованих до липня 2022 р. Додавання SAP до ґрунту привела до підвищення середньої врожайності на $12,8\text{--}17,2\%$. Найвищий приріст у бобових культур, а економічно вигідніше в овочевих.

Однак є вже і певні застереження відносно застосування SAP у ґрунт, як забруднювача мікропластиком. Зокрема, німецькі вчені C. Buchmann, J. Neff, M. Meyer, M. Bundschuh [10] пропонують ретельно вивчити відповідні процеси трансформації SAP у польових умовах, критично переоцінити внесення SAP у ґрунт та встановити надійні методи моніторингу. Негативний вплив на здоров'я та функціонування ґрунту можуть негативно позначитись на врожайності.

Як наслідок підвищення середньої температури повітря та нестачі опадів у весняно-літній період, верхні шари ґрунту зазнають значного пересушення. Пориви вітру призводять до руйнування поверхні ґрунтового покриву та розвіювання продуктів вивітрювання, тобто до вітрової ерозії (дефляції, видування). За даними ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», інтенсивність видування ґрунту значною мірою залежить від його гранулометричного складу і вмісту в ньому гумусу: на ґрунтах супіщаного гранулометричного складу вітрова ерозія починає проявлятися за швидкості вітру $3\text{--}4$ м/с, легкосуглинкових — $4\text{--}6$ м/с. У північних та північно-східних районах України пилові бурі трапляються один раз за 10 років. Причиною вітрової ерозії, крім несприятливих клі-

матичних умов, є руйнування зернистої структури ґрунту внаслідок неправильного обробітку та відсутності надійного його захисту, знищенні в минулому ґрунтоза-кріплювальної рослинності, руйнуванні структури ґрунтів, зменшенні загальної лісистості, недотримання технології обробітку ґрунту та перехід на монокультури.

Вітрова ерозія в окремі роки переважно в зоні Степу, а наразі і в зоні Полісся, може відбуватися на площі до 20 млн га [11].

Шкода, що завдає вітрова ерозія сільському господарству, виявляється у вилученні з поверхневого шару частини ґрунтового матеріалу, що зумовлює значні втрати гумусу і поживних речовин, а в кінцевому підсумку — зниження родючості ґрунтів. Щорічні втрати ґрунтів від вітрової ерозії на Поліссі і в Лісостепу становлять $2\text{--}5$ т/га за низької швидкості вітру.

Академік О.Г. Тараріко, який тривалий період займається дослідженнями формування ерозійно стійких ландшафтів зони Полісся та Лісостепу України наводить дані що навесні 2020 р. незвичайна пилова буря охопила Українське і Білоруське Полісся. За даними супутникових знімків Sentinel-5P Aerosol Index, що містить інформацію про концентрацію аерозолів (дрібнодисперсного пилу) встановлено, що територія масштабного прояву дефляції поверхні ґрунту охопила площу до 3,5 млн га. Епіцентр цієї бурі знаходився на межі Житомирської та Київської обл. на площі близько 88 тис. га.

О.Г. Тараріко наголошує, що цей прояв дефляції в зоні Полісся був спричинений дефіцитом вологи навесні 2020 р., низькою протиерозійною стійкістю дерново-підзолистих ґрунтів, а також поривчастими вітрами зі швидкістю до $20\text{--}22$ м/с. Він вказує, що останнім часом навесні в зоні Полісся збільшилась кількість років із посушливою весною, що підвищує ризик вітрової ерозії, навіть на територіях, де раніше вона проявлялася локально тільки на пересушених торфових та глинисто-піщаних ґрунтах [12].

Площі ґрунтів, які піддаються вітро-ерозійним процесам постійно зростають

і країнах Європи. Р. Borrelli зі співавторами [13; 14] відзначають, що проблема оцінки сприйнятливості земель до вітрової ерозії та втрат ґрунту внаслідок цього процесу стає загальноєвропейською. З поглибленням досліджень цієї тематики у Р. Borrelli з'являються нові погляди на географію та моделювання дефляції [15; 16].

Аналогічні проблеми стосуються також посушливих регіонів США, про що свідчать наукові публікації Michael C. Daniway із співавторами [17], в яких також акцентується увага на методах запобігання цим негативним явищам.

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 від 20 до 30°C (за достатньої вологозабезпеченості). Крім того, 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) [18].

В останні десятиріччя спостерігається загальне потепління клімату з одночасним посиленням його контрастності — почастишала тривалість періодів як надмірного зволоження, так і нетипових для Полісся посушливих днів [19].

Циклічні зміни клімату — чергування прохолодно-вологих і тепло-сухих періодів, є закономірними. Сучасна тепло-суха фаза розпочалася в період 2005–2007 рр., а її максимум мав би припадати, за розрахунками вчених, на час 2011–2015 рр.

На часі 2025 р., та коливання температури в бік збільшення, а опадів — у бік зменшення, залишається стабільним, що негативно впливає на стійкість агроєкосистеми хмеленасаджень на легких дерново-підзолистих ґрунтах до вітрової ерозії, що і спонукало нас досліджувати способи запобігання цим процесам.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили на хмелеплантації Інституту сільського господарства

Полісся НААН. *Об'єкт досліджень* — технологічно адаптовані агроприйоми в системі багаторічних насаджень хмелю в умовах змін клімату. *Предмет досліджень* — хміль, ґрунт, суперабсорбент Теравет, погоднокліматичні умови. *Методи* — польові дослідження, лабораторні, метеорологічні дослідження, статистичні методи аналізу.

Органічні добрива — перегній, сидеральні культури.

Традиційні хімічні мінеральні добрива: аміачна селітра, 34%; суперфосфат, 20; калій хлористий, 60%.

Норму застосування органічних та мінеральних добрив під рослини хмелю встановлюємо з урахуванням вмісту у ґрунті органічної речовини, мінерального азоту і елементів живлення на програмований урожай. Перегній вносимо періодично, через рік.

Як сидеральні культури залежно від варіантів у міжряддях хмелю висіваємо: редьку олійну, гірчицю, пелюшко-вівсяну суміш.

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

Закладання дослідів виконано у весняний період 2021 р. на плантації № 212 ІСП НААН. Сорт хмелю Заграва. Рік садіння — 2016 р. Розмір дослідної ділянки (варіанта) — 30 м², облікової — 24 м². Площа живлення 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 2 повних набори варіантів; блок 2 включає 2 повних набори варіантів.

Для агрохімічної оцінки ґрунту перед закладанням відбирали зразки з двох горизонтів: 0–20; 21–40 см.

У зразках шишок хмелю визначали вміст альфа-кислот кондуктометричним методом згідно з ДСТУ 4099. Хміль. Правила відбирання проб та методи випробування.

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

У зразках ґрунту виявляли такі агро-хімічні показники:

- гумус — за Тюрніним ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини (перед закладанням і закінченням дослідів);
- $\text{pH}_{\text{сол.}}$ та гідролітична кислотність — потенціометрично (ДСТУ ISO 10390:2001 Якість ґрунту. Визначання pH);
- азот легкогідролізний — ДСТУ 7863:2015. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда;
- фосфор та калій — ДСТУ 4405:2005. Якість ґрунту. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за методом Кірса-нова в модифікації ННЦ «ІГА».

Протидефляційна стійкість ґрунту оцінювали за методикою експрес методу А.Б. Лавровського [15].

Виконано моніторинг метеорологічних даних погодно-кліматичних умов агро-ландшафту хмеленасаджень за допомогою метеостанції Vantage Pro 2.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

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, а зі зміною кліма-

тичних чинників створює високі ризики дефляційних процесів, особливо на легких дерново-підзолистих ґрунтах.

Використання агротехнологій з елементами біологізації за рахунок сидерації на вітчизняних хмеленасадженнях, їх впливу на *протидефляційну стійкість ґрунту* є питанням недослідженим і потребує розширеного та поглибленого вивчення.

На ґрунтозахисних фонах для дослідження як сидеральні культури у міжрядях хмелю залежно від варіантів висіяні: *редька олійна, гірчиця, пелюшко-вівсяна сумішка*.

Зелене добриво є доступним, постійно відновлювальним джерелом органічної речовини. За даними наукових досліджень, загортання в ґрунт 20–30 т/га зеленої маси сидератів забезпечує ефект, рівноцінний внесенню аналогічної кількості гною [21].

За нашими даними, найвищі показники врожайності зеленої маси зафіксовано в редьки олійної — 277 ц/га, найнижча врожайність у пелюшко-вівсяної сумішки — 206 ц/га, проте позитивним є той факт, що пелюшка дає можливість збагатити ґрунт азотом, необхідним для формування врожаю хмелю; маса гірчиці була на рівні 244 ц/га (*табл. 1*).

Урожайність зеленої маси сидеральних культур у міжрядях хмеленасаджень вказує, що вони реалізують свій потенціал по накопиченню зеленої маси лише за умови достатньої забезпеченості опадами за їх період вегетації.

Таблиця 1. Урожайність зеленої маси сидеральних культур, висіяних у міжрядях хмеленасаджень (2021–2023 рр.)

Варіанти	Урожайність, ц/га			Середнє
	2021	2022	2023	
1. ЗТ (без добрив, чорний пар) — абсолютний контроль	Без сидератів			—
2. ЗТ (гній 40 т/га + $\text{N}_{120}\text{P}_{100}\text{K}_{140}$, чорний пар) — контроль	Без сидератів			—
3. ЗТ (гній 40 т/га + $\text{N}_{120}\text{P}_{100}\text{K}_{140}$ + Terawet 8г, чорний пар)	Без сидератів			—
4. ГТ (гірчиця + $\text{N}_{120}\text{P}_{100}\text{K}_{140}$ + Terawet, 8г)	244	259	228	244
5. ГТ (редька олійна + $\text{N}_{120}\text{P}_{100}\text{K}_{140}$ + Terawet, 8г)	291	279	260	277
6. ГТ (пелюшко-вівсяна суміш + $\text{N}_{120}\text{P}_{100}\text{K}_{140}$ + Terawet, 8г)	214	204	200	206

Відповідно до агроєкологічних умов проведення досліджень проводився моніторинг загальних запасів вологи в ґрунтових шарах під хмеленасадженнями по фазах розвитку рослин. Під час відбору вологи ґрунту ранньою весною, до розорювання рядів хмелю, вже було зафіксовано відмінності у вологонакопиченні між різними варіантами агротехнологій, залежно від шару ґрунту, особливо у 0–20 і 0–50 см шарах. Перевага у вологонакопиченні варіантів зі внесенням суперабсорбенту становила відповідно 35–43% та 26–32% порівняно з варіантами без внесення Теравет.

Під час сходів хмелю на ґрунтозахисних та традиційних фонах агротехнологій із застосуванням суперабсорбенту спостерігали тенденцію до накопичення вологи в ґрунті як в 0–20 см, так і в 0–50 см шарах, окрім варіанта загальноприйнятої технології без внесення Теравет, а також на неудобреному фоні (абсолютний контроль).

У період фази інтенсивного росту та розвитку рослин внесення Теравет більш якісно сприяло нагромадженню вологи як у 0–20, так і в 0–50 см шарі ґрунту. Перевага порівняно з варіантами без внесення суперабсорбенту становила на окремих варіантах до 46% у 0–50 см шарі ґрунту. Аналогічні маємо результати і в період формування шишки та технічної стиглості.

Тому на третій рік після застосування суперабсорбенту він проявив себе досить ефективно в агроєкосистемі хмеленасаджень у плані накопичення вологи у верхньому 0–20 та 0–50 см шарі дерново-підзолистого ґрунту. Як відомо, зволоження ґрунту знижує показники руйнування вітростійких агрегатів до ерозійно небезпечних розмірів — менше 1 мм, що підвищує протидефляційну стійкість ґрунту.

Питання вітрової ерозії легких дерново-підзолистих ґрунтів Полісся не було актуальним до середини 60–70-х років ХХ ст., доки ця зона була достатньо забезпечена вологою впродовж усього вегетаційного періоду рослин, не було проведено масштабної меліорації, зокрема осушення болотистої місцевості внаслідок чого порушено водний баланс усієї території та

негативні зміни клімату загалом не так відчутно проявлялися в екосистемі загалом і агробіоценозі зокрема.

Однак, уже з 80-х років ХХ ст. відчуються наслідки неадекватного антропогенного втручання в екологію, які посилилися природним несприятливим водно-температурним режимом ґрунтово-земельних ресурсів.

Відтоді на ці процеси звернув увагу провідний вчений, завідувач відділу землеробства Інституту сільського господарства Нечорноземної зони України доктор наук В.П. Стрельченко, який і закрив перші польові дослідження з вивчення проблем водної та вітрової ерозії на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся. Було розпочато землеробську тематику з дослідження впливу традиційних агротехнологій вирощування сівозмінних культур, що базуються на оранці, на стійкість ґрунту до ерозійних процесів порівняно зі ґрунтозахисними (безполіцевий обробітком за допомогою дискових борін, чизелів, плоскорізів і ін. знарядь подібного типу). Внаслідок цього було доведено високу ефективність ґрунтозахисних агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся у попередженні водно-ерозійних та дефляційних процесів у цьому регіоні [22; 23].

Однак висновки стосувалися лише сівозмінних культур. Питання дефляційних процесів на хмеленасадженнях не вивчалися донині. Незважаючи на те, що традиційна технологія вирощування цієї культури передбачає утримання ґрунтової поверхні міжрядь хмеленасаджень із ранньої весни до пізньої осені у постійно відкритому дефляційно небезпечному стані внаслідок дискування та культивачей. Тому нами заплановано дослідити вплив ґрунтозахисних агротехнологій вирощування хмелю на дерново-підзолистих ґрунтах на стійкість до еолових процесів.

Аналізуючи імовірно-розрахункові втрати ґрунту в еолово небезпечний період за різних агротехнологій вирощування хмелю, ми спостерігаємо, що ґрунтозахисні технології вирощування хмелю, які базу-

ються на безполицевому обробітку та сидерації міжрядь майже на 100% захищають поверхню ґрунту від дефляції (табл. 2). На аналогічні результати щодо ефективності ґрунтозахисних технологій, тільки на сівозмінних культурах Полісся України, вказує у своїх наукових роботах проф. В.П. Стрельченко [17; 18].

Традиційні агротехнології у наших дослідженнях в агроєкосистемі хмеленасаджень тільки за 1 год пилової бурі призводять до втрати 4,76–4,84 т/га верхнього родючого шару, стійкість ґрунтозахисного утримання міжрядь хмеленасаджень більша ніж у 36 разів вища. Про необхідність формування ерозійно стійкої структури сільськогосподарських ландшафтів та їх адаптації до змін клімату в умовах сучасної сільськогосподарської практики наголошує акад. О.Г. Тараріко [12].

Крім того, ґрунтозахисний обробіток та сидерація міжрядь сприяє накопиченню органічної речовини у верхньому шарі ґрунту, що дає змогу замінити дороговартісні традиційні органічні добрива та на перспективу поліпшує родючість дерново-підзолистого ґрунту.

Урожайність шишок хмелю в середньому за три роки також свідчить про те, що традиційна технологія вирощування порівняно з варіантами ґрунтозахисної практично не мала переваги з продуктивності культури хміль. Якщо урожай шишок за традиційної технології вирощування сягав 1,63–1,72 т/га, то ґрунтозахисна технологія вирощування реалізувала себе в межах 1,53–1,67 т/га шишок хмелю (табл. 3). Сидерація міжрядь хмеленасаджень пелюшко-вівсяною сумішкою дала змогу одержати таку саму продуктивність шишок, що і внесення перегною в межах 40 т/га раз на два роки.

Якщо порівнювати з абсолютним контролем (варіант без добрив), то ми спостерігаємо значну перевагу з урожайності як традиційної агротехнології, так і ґрунтозахисної. Тому, ефективне функціонування агробіоценозу хмеленасаджень можна забезпечити застосуванням нових еколого-безпечних ґрунтозахисних агроприймів, які базуються на утриманні міжрядь під сидеральними культурами та внесенням у ґрунт суперабсорбенту вологи Теравет. Агробіологічні способи утримання ґрунту

Таблиця 2. Імовірно-розрахункові втрати дерново-підзолистого ґрунту за дефляції за експрес-методом А.Б. Лавровського (2021–2023 рр.)

№ з/п	Варіанти дослідів	Втрати ґрунту за 1 год пилової бурі, т/га				Відхилення від абс. контролю ±		Відхилення від контролю ±	
		2021	2022	2023	середнє	т/га	%	т/га	%
1	ЗТ (без добрив, чорний пар) – абсолютний контроль	4,70	4,82	5,01	4,84	—	—	—	—
2	ЗТ (гній 40 т/га + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₄₀ , чорний пар) – контроль	4,73	4,74	4,80	4,76	–0,08	–1,6	—	—
3	ЗТ (гній 40 т/га + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₄₀ + Terawet 8г, чорний пар)	4,73	4,82	4,97	4,84	0	0	0,08	1,7
4	ГТ (гірчиця + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₄₀ + Terawet, 8г)	0,13	0,18	0,20	0,17	–4,67	–96,5	–4,59	–96,5
5	ГТ (редька олійна + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₄₀ + Terawet, 8г)	0,13	0,19	0,20	0,17	–4,67	–96,5	–4,59	–96,5
6	ГТ (пелюшко-вівсяна суміш + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₄₀ + Terawet, 8г)	0,12	0,16	0,18	0,15	–4,69	–96,9	–4,51	–96,8
НІР ₀₅		0,22	0,21	0,13	—	—	—	—	—

Таблиця 3. Урожайність сухих шишок хмелю (2021–2023 рр.)

№ п/п	Варіанти дослідів	Урожайність, т/га				Відхилення від абс. контролю ±		Відхилення від контролю ±	
		2021	2022	2023	середнє	т/га	%	т/га	%
1	ЗТ (без добрив, чорний пар) — абсолютний контроль	0,51	0,62	0,47	0,53	—	—	—	—
2	ЗТ (гній 40 т/га + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₄₀ , чорний пар) — контроль	1,50	1,65	1,73	1,63	1,10	207	—	—
3	ЗТ (гній 40 т/га + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₄₀ + Terawet 8г, чорний пар)	1,61	1,76	1,80	1,72	1,19	224	0,09	5
4	ГТ (гірчиця + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₄₀ + Terawet, 8г)	1,44	1,67	1,71	1,61	1,08	204	-0,02	-1
5	ГТ (редька олійна + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₄₀ + Terawet, 8г)	1,35	1,59	1,64	1,53	1,00	189	-0,10	-6
6	ГТ (пелюшко-вівсяна суміш + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₄₀ + Terawet, 8г)	1,47	1,73	1,79	1,67	1,14	215	0,04	2
НІР ₀₅		0,16	0,11	0,09	—	—	—	—	—

дають можливість зменшити антропогенне навантаження на екосистему хмільника, підтримуючи стабільну продуктивність, природний процес ґрунтовідродження, попереджають дефляційно небезпечні проце-

си на легких дерново-підзолистих ґрунтах, а з продуктивності одержаної хмелесировини наближаються до традиційної технології.

Дані щодо вмісту альфа-кислот у шишках хмелю (табл. 4) вказують на те, що в

Таблиця 4. Вміст альфа-кислот у шишках хмелю (2021–2023 рр.)

№ п/п	Варіанти дослідів	Вміст α-кислот, % (на абсолютно суху речовину)				Відхилення від абс. контролю ±		Відхилення від контролю ±	
		2021	2022	2023	середнє	%*	%	%*	%
1	ЗТ (без добрив, чорний пар) — абсолютний контроль	9,1	9,1	9,1	9,1	—	—	—	—
2	ЗТ (гній 40 т/га + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₄₀ , чорний пар) — контроль	8,6	8,6	8,9	8,7	-0,4	4,4	—	—
3	ЗТ (гній 40 т/га + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₄₀ + Terawet 8г, чорний пар)	8,7	8,7	8,9	8,8	-0,3	3,3	0,1	1,1
4	ГТ (гірчиця + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₄₀ + Terawet, 8г)	8,9	8,9	9,1	9,0	-0,1	1,1	0,3	3,4
5	ГТ (редька олійна + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₄₀ + Terawet, 8г)	9,0	9,0	9,1	9,0	-0,1	1,1	0,3	3,4
6	ГТ (пелюшко-вівсяна суміш + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₄₀ + Terawet, 8г)	9,0	9,0	9,1	9,0	-0,1	1,1	0,3	3,4
НІР ₀₅		0,18	0,18	0,19	—	—	—	—	—

Примітка: * — абсолютний показник.

абсолютних відсотках найвищий показник отримано на ґрунтозахисних варіантах із використанням гірчиці, редьки олійної та пелюшко-вівсяної сумішки як сидеральні культури — 8,8–9,0% та на неудобреному фоні — 9,1%.

За традиційної технології вирощування хмелю якісний вміст альфа-кислот у шишках мав найнижчий рівень — 8,7%.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що в агроєкосистемі хмелеплантації визначальними параметрами протидефляційної стійкості ґрунту є ступінь покриття міжрядь хмеленасаджень сидеральними культурами в еолово небезпечний період та зволоження ґрунту, яке знижує показники руйнування вітростійких агрегатів до ерозійно небезпечних розмірів — менше 1 мм. У середньому за три роки досліджень імовірно-розрахункові втрати ґрунту на варіантах загальноприйнятої технології за рахунок дефляції досягали 4,76–4,84 т/га, ґрунтозахисні агро-технології майже на 100% запобігали цим процесам.

2. Досліджено, що внесення суперабсорбенту Теравет більш продуктивно сприяло накопиченню вологи у фазі інтенсивного росту як у 0–20, так і в 0–50 см шарі ґрунту. Перевага порівняно з варіантами без застосування суперабсорбенту становила на окремих варіантах до 46% у 0–50 см шарі ґрунту. Аналогічні результати маємо

і в період формування шишки та технічної стиглості.

3. Отримано результати врожайності зеленої маси сидеральних культур у міжряддях хмеленасаджень у середньому за три роки досліджень, які засвідчують, що найвищі показники зафіксовано в редьки олійної — 277 ц/га, найнижча врожайність у пелюшко-вівсяної сумішки — 206 ц/га. Однак позитивним є той факт, що пелюшка дає можливість збагатити ґрунт азотом, необхідним для формування врожаю хмелю. Маса гірчиці була на рівні 244 ц/га.

4. Встановлено, що традиційна технологія вирощування хмелю порівняно з варіантами ґрунтозахисної практично не переважала з продуктивності культури. Якщо врожай шишок за традиційної технології вирощування становив 1,63–1,72 т/га, то ґрунтозахисна технологія вирощування реалізувала себе в межах 1,53–1,67 т/га шишок хмелю. Сидерація міжрядь хмеленасаджень пелюшко-вівсяною сумішкою дала змогу одержати таку саму продуктивність шишок, що і внесення перегною в межах 40 т/га раз на два роки. Якщо порівнювати з абсолютним контролем (варіант без добрив), то ми спостерігаємо значну перевагу з урожайності як традиційної агротехнології, так і ґрунтозахисної.

5. У середньому за три роки пріоритет із накопичення альфа-кислот виявлено на варіантах ґрунтозахисних агротехнологій, порівняно з традиційною приріст сягав 0,3 абсолютних відсотки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Jerry, L. Hatfield, Mannava, V. K., & Sivakumar, John H. (2018). *Agroclimatology: Linking Agriculture to Climate* (Vol. 60). DOI: <https://doi.org/10.2134/agronmonogr60>.
2. Elham, Sadat Abrisham (2018). Effects of a super absorbent polymer on soil properties and plant growth for use in land reclamation. *Arid Land Research and Management*, 32, 4, 407–420. DOI: <https://doi.org/10.1080/15324982.2018.1506526>.
3. Fang, Yang (2020). Effects of Super-Absorbent Polymer on Soil Remediation and Crop Growth in Arid and Semi-Arid Areas. *Sustainability*, 12(18), 1–1.
4. Li, X. (2014). Effects of super-absorbent polymers on a soil–wheat (*Triticum aestivum* L.) system in the field. *Applied Soil Ecology*, 73, 58–63.
5. Montesano, F. F. (2015). Biodegradable superabsorbent hydrogel increases water retention properties of growing media and plant growth. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4, 451–458.
6. Malik, S., Chaudhary, K., Malik, A., Punia, H., Sewhag, M., Berkesia, N., ... Boora, K. (2023). Superabsorbent Polymers as a Soil Amendment for Increasing Agriculture Production with Reducing Water Losses under Water Stress Condition. *Polymers*, 15(1), 161. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15010161>.
7. Yang, Y., Zhang, S., Wu, J., Gao, C., Lu, D. & Tang, D. W. S. (2022). Effect of long term application of super absorbent polymer on soil structure, soil enzyme activity, photosynthetic characteristics, water and nitrogen use of winter wheat. *Front. Plant*

- Sci.*, 13, 998494. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.998494>.
8. Palma, D., Lagos, O., Souto, C., Pérez, A., Quezada, L., Hirzel, J., ... Urbano, B. (2024). Evaluation of a Natural Superabsorbent Polymer on Water Retention Capacity in Coarse-Textured Soils. *Water*, 16(22), 3186. DOI: <https://doi.org/10.3390/w16223186>.
 9. Huifang, Zheng; Peipei, Mei; Wending, Wang; Yulong, Yin; Haojie, Li; Mengyao, Zheng ... Zhenling, Cui (2023). Effects of super absorbent polymer on crop yield, water productivity and soil properties: A global meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 282, 108290. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108290>.
 10. Buchmann, C., Neff, J., Meyer, M., Bundschuh, M., & Steinmetz, Z. (2024). Superabsorbent polymers in soil: The new microplastics? *Cambridge Prisms: Plastics*, 2, e3. DOI: <https://doi.org/10.1017/plc.2024.2>.
 11. Новаковський, Л. Я. (Ред). (2015). *Довідник із землеустрою*. Київ: Аграрна наука.
 12. Тараріко, О. Г., Ільєнко, Т. В., Кучма, Т. Л., & Білоконь, О. А. (2021). Ерозія ґрунтів як чинник опустелювання агроландшафтів України. *Агро-екологічний журнал*, 3, 6–16. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240316>.
 13. Borrelli, P. (2017). A New Assessment of Soil Loss Due to Wind Erosion in European Agricultural Soils Using a Quantitative Spatially Distributed Modeling Approach. *Land Degradation & Development*, 28, 335–344. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.2588>.
 14. Borrelli, P. (2016). Towards a pan-European assessment of land susceptibility to wind erosion. *Land Degradation & Development*, 27(4), 1093–1105. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.2318>.
 15. Borrelli, P. (2015). New Insights into the Geography and Modelling of Wind Erosion in the European Agricultural Land. Application of a Spatially Explicit Indicator of Land Susceptibility to Wind Erosion. *Sustainability*, 7(7), 8823–8836. DOI: <https://doi.org/10.3390/su7078823>.
 16. Borrelli, P. (2014). Wind erosion susceptibility of European soils. *Geoderma*, 232, 471–478.
 17. Michael C., Daniway (2019). *Wind erosion and dust from US drylands: a review of causes, consequences, and solutions in a changing world. Ecosphere*. URL: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ecs2.2650>.
 18. Vinje, E. Hops. URL: <https://www.planetnatural.com/growing-hops/>.
 19. Горобець, О. В., & Євпак, І. І. (2017). Тенденції зміни клімату у Житомирській області. *Кліматичні зміни та їх наслідки на території Житомирської області: зб. матеріалів XIII Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених* (с. 153–157). Житомир.
 20. Лавровський, А. Б. (1989). *Експрес-метод визначення втрати ґрунту та води при ерозійних процесах*. Луганськ. Інститут захисту ґрунтів від ерозії.
 21. Бойко, П. И., & Коваленко, Н. П. (2017). Как правильно выбрать и использовать сидераты. *Пропозиція*, 1, 104–106.
 22. Стрельченко, В. П. (1999). Особливості програмування агроecosистем Полісся. *Вісник аграрної науки*, 10, 21–24.
 23. Стрельченко, В. П. (2000). Відтворення гумусу в агроecosистемах Полісся. *Вісник аграрної науки*, 7, 9–13.

Стаття надійшла до редакції журналу 19.08.2025