

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Агрономічний факультет
Кафедра ґрунтознавства та землеробства

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

КОВАЛЬЧУК ЮРІЙ ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 633.16:631.53.01(477.42)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

АГРОБІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА РІЗНИХ НОРМ ВИСІВУ В УМОВАХ ПП «СТАРОДОРОГИНСЬКЕ» КОРОСТЕНСЬКОГО РАЙОНУ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

201 «Агрономія»

Подається на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання
на відповідне джерело _____ Ю. В. Ковальчук

Керівник роботи

Трембіцька О. І.

канд. с.-г. наук, доцент

Житомир – 2025

Зміст

<i>Анотація</i>	3
<i>Вступ</i>	7
<i>Розділ 1. Літературний огляд</i>	10
<i>1.1 Значення та характеристика ячменю ярого</i>	10
<i>1.2 Ботанічна характеристика ячменю ярого</i>	12
<i>1.3 Біологічні особливості ячменю ярого</i>	12
<i>1.4 Господарське значення ячменю ярого</i>	14
<i>1.5 Вплив норми висіву насіння на врожайність ячменю ярого</i>	16
<i>Розділ 2. Умови та об'єкти проведення дослідження</i>	19
<i>2.1 Місце і умови проведення дослідження</i>	19
<i>2.2 Методика та схема досліджу</i>	21
<i>Розділ 3. Результати досліджень</i>	23
<i>3.1 Агроекологічна ефективність вирощування ячменю ярого</i>	23
<i>3.2 Формування елементів продуктивності ячменю ярого залежно від норми висіву</i>	29
<i>3.3 Вплив різних норм висіву насіння на врожайність і якість зерна ячменю ярого</i>	32
<i>3.4 Економічна ефективність застосування різних норм висіву при вирощуванні ячменю ярого</i>	36
<i>Висновки</i>	39
<i>Рекомендації виробництву</i>	40
<i>Список використаних джерел</i>	41

АНОТАЦІЯ

Ковальчук Ю. В. Агробіологічні особливості формування врожаю ярого ячменю за різних норм висіву в умовах ПП «Стародорогинське» Коростенського району Житомирської області – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 201 – Агрономія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

Кваліфікаційна робота містить 44 сторінок комп'ютерного тексту, яка містить 6 рисунків та 7 таблиць. Складається з 3 розділів, з вступу, висновків та рекомендацій виробництву. 39 джерел включає список використаної літератури.

За результатами наших досліджень, які були проведені протягом 2024-2025 рр., нами було вирішено поставлені задачі щодо найкращої норми висіву. На основі отриманих даних можна зробити наступні висновки: висота рослин при нормі висіву 4,5 млн. схожих насінин на гектар становила 73,6 см, що є найбільшим показником серед досліджених норм. Це на 17,6% перевищує висоту рослин за норми 3,5 млн (62,5 см) та на 9,5% – за 5,5 млн (67,2 см). Урожайність зерна була максимальна також при нормі висіву 4,5 млн насінин/га і становила 3,2 т/га. Порівняно з нормою 3,5 млн, урожай зріс на 28% (2,5 т/га), а порівняно з 5,5 млн – на 14% (2,8 т/га). Маса 1000 зерен при 4,5 млн насінин була найвищою – 42,3 г, що перевищує показники для 3,5 млн (41,8 г) на 1,2% і для 5,5 млн (40,6 г) на 4,2%. Вміст білку в зерні ячменю при нормі 4,5 млн насінин був найвищим і становив 11,3%. Це на 5,6% більше за вміст білку при нормі 3,5 млн (10,7%) і на 3,7% більше, ніж при 5,5 млн (10,9%). Економічна ефективність також була найбільшою при нормі висіву 4,5 млн насінин/га. Валова продукція за цієї норми становила 22 400 грн/га при собівартості виробництва 17 000 грн/га, що дало чистий прибуток 5 400 грн/га та рентабельність 31,8%.

Для отримання високої врожайності, доброї якості зерна та економічної ефективності вирощування ячменю ярого сорту Вакула рекомендовано висівати 4,5 млн схожих насінин на гектар. Ця норма забезпечує найкращі показники за урожайністю (3,2 т/га), масою 1000 зерен (42,3 г), вмістом білку (11,3%) та

прибутковістю. Виробництву слід дотримуватись збалансованої технології вирощування, включаючи контроль густоти посіву, оптимальне удобрення, захист рослин і використання якісного насіння, щоб реалізувати потенціал сорту в умовах Полісся.

Ключові слова: сорт Вакула, норма висіву, продуктивність, якість, економічна ефективність.

SUMMARY

Kovalchuk Yu. V. Agrobiological features of spring barley yield formation at different sowing rates in the conditions of the Starodoroginske private enterprise in the Korosten district of the Zhytomyr region – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a master's degree in the specialty 201 – Agronomy. – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The qualification work contains 44 pages of computer text, including 6 figures and 7 tables. It consists of 3 sections: introduction, conclusions, and recommendations for production. The list of references includes 39 sources.

Based on the results of our research conducted in 2024-2025, we solved the problem of determining the optimal sowing rate. Based on the data obtained, the following conclusions can be drawn: the height of plants at a sowing rate of 4,5 million similar seeds per hectare was 73,6 cm, which is the highest indicator among the rates studied. This is 17.6% higher than the plant height at a rate of 3,5 million (62,5 cm) and 9,5% higher than at 5,5 million (67,2 cm). Grain yield was also highest at a sowing rate of 4.5 million seeds/ha and amounted to 3,2 t/ha. Compared to the rate of 3,5 million, the yield increased by 28% (2,5 t/ha), and compared to 5,5 million, by 14% (2,8 t/ha). The weight of 1,000 grains at 4,5 million seeds was the highest – 42,3 g, which exceeds the indicators for 3.5 million (41,8 g) by 1.2% and for 5,5 million (40,6 g) by 4,2%. The protein content in barley grain at a rate of 4.5 million seeds was the highest and amounted to 11,3%. This is 5.6% more than the protein content at a rate of 3,5 million (10,7%) and 3.7% more than at 5,5 million (10,9%). Economic efficiency was also highest at a sowing rate of 4,5 million seeds/ha. Gross output at this rate was 22,400 UAH/ha at a production cost of 17,000 UAH/ha, resulting in a net profit of 5,400 UAH/ha and a profitability of 31,8%.

To achieve high yields, good grain quality, and economic efficiency in growing spring barley of the Vakula variety, it is recommended to sow 4,5 million viable seeds per hectare. This rate ensures the best indicators for yield (3,2 t/ha), 1000-grain weight (42,3 g), protein content (11,3%), and profitability. Production should adhere to

balanced cultivation technology, including control of sowing density, optimal fertilization, plant protection, and the use of high-quality seeds to realize the potential of the variety in the conditions of Polissya.

Keywords: Vakula variety, sowing rate, productivity, quality, economic efficiency.

ВСТУП

Актуальність теми. Ярий ячмінь (*Hordeum vulgare* L.) є однією з провідних зернових культур у структурі посівів багатьох країн, зокрема України, завдяки своїй пластичності, скоростиглості та широкому спектру використання – від кормових цілей до пивоварної промисловості. Забезпечення високої та стабільної врожайності цієї культури значною мірою залежить від правильного підбору агротехнічних прийомів, серед яких важливе місце займає норма висіву насіння.

Оптимізація норми висіву сприяє ефективному використанню площі живлення, світла, вологи та елементів мінерального живлення. Надмірна густина посівів призводить до загущення, конкуренції між рослинами, зниження маси 1000 зерен, підвищення ризику ураження хворобами. Натомість занадто низька норма висіву може зумовити недостатнє використання продукційної площі, зменшення кількості продуктивних стебел та, відповідно, загального врожаю.

Водночас вплив норми висіву може суттєво варіювати залежно від ґрунтово-кліматичних умов, сорту культури та загального агрофону. У зв'язку з цим виникає необхідність у проведенні досліджень, спрямованих на встановлення оптимальної густоти посіву для конкретних умов вирощування. У зв'язку з вищевикладеним, тема дослідження є актуальною та має практичне значення для розвитку сучасного агровиробництва.

Об'єкт дослідження – є ячмінь ярий (*Hordeum vulgare* L.), як сільськогосподарська культура.

Предмет дослідження – процеси росту, розвитку та формування врожайності ярого ячменю залежно від норм висіву насіння.

Метою роботи є вивчення впливу різних норм висіву на ріст, розвиток та формування врожайності ячменю ярого в умовах ПП «Стародорогинське» Коростенського району Житомирської області, а також визначення оптимальної густоти стояння рослин для досягнення найвищих показників продуктивності.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати сучасні наукові підходи до вибору оптимальних норм висіву ярого ячменю;
- визначити агрометеорологічні умови проведення досліджень у період вегетації культури;
- дослідити вплив різних норм висіву на ріст, розвиток та біометричні показники рослин ярого ячменю;
- оцінити вплив норм висіву на структуру врожаю (кількість продуктивних стебел, кількість зерен у колосі, масу 1000 зерен тощо);
- встановити оптимальну норму висіву для досягнення найвищої врожайності за умов дослідження;
- надати рекомендації щодо ефективного використання норм висіву ячменю ярого в агровиробництві.
- *Методи досліджень.* У ході дослідження були використані наступні методи: польовий експеримент – закладення досліду передбачало застосування різних норм висіву ячменю ярого на сорті Вакула;
 - фенологічні спостереження – для визначення фаз розвитку рослин, тривалості вегетаційного періоду, темпів росту та розвитку культури;
 - біометричні методи – для вимірювання морфологічних показників рослин (висота, кількість стебел, продуктивних колосків, маса 1000 зерен тощо);
 - агрономічний облік урожаю – з метою визначення врожайності зерна, структури врожаю;
 - лабораторні методи – для оцінки якості зерна (вміст білка, клейковини, натура, склоподібність тощо);
 - економічний аналіз – для визначення рівня рентабельності, розрахунку собівартості продукції;
 - статистична обробка результатів – виконувалась з використанням методів варіаційної статистики з метою оцінки достовірності отриманих результатів.

Перелік публікацій автора за темою досліджень:

1. Трембіцька О. І., Столяр С. Г., Ковальчук Ю. В., Маденко Ю. С. Вплив густоти посіву на агробіологічні показники та врожайність ячменю ярого (*Hordeum Vulgare* L.) у зоні Полісся. Аграрні інновації. 2025. № 33. Подано до друку.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Роботу містить 44 сторінок комп'ютерного набору, також містить 7 таблиць, 6 рисунків. Складається з 3 розділів, вступу, висновків, рекомендацій виробництву, додатків. 39 найменувань має список використаних джерел.

Для написання дипломної роботи використовується Положення про написання кваліфікаційної роботи в Житомирському національному агроекологічному університеті [16].

РОЗДІЛ I. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Значення та характеристика ячменю ярого.

Ячмінь – одна з найдавніших культур, яку людина почала використовувати ще понад 8 тисяч років тому. Археологічні знахідки підтверджують його вирощування ще у неолітичний період, зокрема на території Близького Сходу. Історичними центрами походження культури вважаються сучасні Іран, Ірак, Сирія, Туреччина та Афганістан, звідки вона поширилася в інші регіони Європи, включаючи Балканський півострів, долину Дунаю та територію України. За даними вітчизняних досліджень, на території України ячмінь почали вирощувати ще у VI тисячолітті до н.е.

Серед основних зернових культур ячмінь посідає четверте місце у світі за посівними площами після пшениці, рису та кукурудзи, а ярий ячмінь – третє місце серед ярих зернових. Його популярність зумовлена широким спектром використання, високою кормовою, продовольчою та технічною цінністю [1,6].

Зерно ярого ячменю містить у середньому 12–15 % білка, до 75 % вуглеводів, а також значну кількість мінеральних речовин та вітамінів, зокрема групи В. Воно добре збалансоване за амінокислотним складом, що робить ячмінь особливо цінним у тваринництві. Один кілограм зерна забезпечує 1,21 кормових одиниці, перевищуючи за цим показником овес, жито та просо. Крім зерна, як корм використовуються також солома, зелена маса, та побічні продукти переробки (барда, пивна дробина). У кормовиробництві ячмінь вигідний через нижчу собівартість одиниці продукції порівняно з іншими культурами.

В харчовій промисловості з ячменю виготовляють перлову та ячмінну крупу, а також солодовий екстракт, який широко застосовують у пивоварній, спиртовій, кондитерській та фармацевтичній промисловості. Саме ячмінь є основною сировиною для виготовлення пива. Пивоварні сорти повинні мати високий вміст крохмалю (не менше 65%) та невисокий вміст білка (до 10%), оскільки це впливає на якість напою, зокрема на пінність, аромат та смак [2,4].

У медичній та дієтичній практиці також знаходять застосування продукти переробки ячменю – солодові витяжки, дріжджі, які є джерелом ферментів, білків, вітамінів та мінералів. В останні роки вчені відкрили у зерні ячменю біологічно активні речовини – токоли та фітати, які мають позитивний вплив на здоров'я людини [3,26].

Агротехнічно ячмінь ярий є цінною культурою через короткий вегетаційний період (55–100 днів), раціональне використання вологи та добру придатність до вирощування в різних кліматичних умовах – від північних регіонів до субтропіків. Він швидко звільняє поле, тому служить добрим попередником для багатьох сільськогосподарських культур, зокрема багаторічних бобових трав. Також використовується як страхова культура при пересіві озимини.

За даними останніх років, світові посіви ячменю становлять понад 75 млн га, валовий збір перевищує 150 млн тонн. Частка України в цьому виробництві складає близько 8%, або понад 9,9 млн тонн, що ставить її серед провідних експортерів. Проте середня врожайність в Україні (2,5 т/га) значно поступається країнам Західної Європи, де вона сягає 6–7 т/га.

Водночас, у зв'язку з ринковими змінами, протягом останніх 20 років в Україні посівні площі під ярим ячменем скоротилися майже в чотири рази – з 5,8 млн га у 2003 р. до близько 1,5 млн га у 2020 р. Попри це, врожайність зросла за рахунок впровадження нових сортів і вдосконалення технологій. Проте, за оцінками науковців, реалізується лише 35–45% потенціалу врожайності, тоді як у країнах ЄС до 60–70% [4].

У зв'язку з цим, важливим завданням сучасного зернового виробництва є впровадження ефективних сортів та технологій, які дозволяють максимально реалізувати генетичний потенціал культури. Це передбачає оптимізацію всіх елементів агротехніки – від вибору сорту до системи удобрення та догляду, з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов.

1.2 Ботанічна характеристика ячменю ярого

Ячмінь ярий (*Hordeum vulgare* L.) – однорічна трав'яниста рослина родини злакових (*Poaceae*), яка належить до однієї з найдавніших культур, вирощуваних людиною. У культурі поширені переважно дворядні та шестирядні форми, серед яких ярий ячмінь є найбільш розповсюдженим у помірних кліматичних зонах.



Ботанічна будова. Рослина має фіброзну кореневу систему мичкуватого типу, що проникає в ґрунт до глибини 100–120 см. Стебло – соломину, пряма, циліндрична, з п'ятьма–сімома міжвузлями, висотою від 50 до 100 см залежно від сорту та умов вирощування. Листки лінійні, чергові, шириною 8–15 мм, з листковою пластинкою, язичком і вушками, що охоплюють стебло.

Суцвіття – колос, що складається з головної осі, на якій розміщені трирядно колоски. У дворядних форм плодючими є тільки середні колоски, тоді як у шестирядних – усі три. Колос зазвичай щільний, довжиною 5–10 см. Колоскові луски закінчуються остюками, довжина яких у різних сортів може суттєво відрізнятися. Плід – зернівка, плівчаста або голозерна, видовженої форми, маса 1000 зерен – від 35 до 55 г [1].

1.3 Біологічні особливості ячменю ярого

Ячмінь ярий (*Hordeum vulgare* L. subsp. *vulgare*) характеризується низкою важливих біологічних властивостей, які визначають його місце в структурі посівів, технології вирощування та агроекологічній придатності. Як культура ярового типу розвитку, він проходить усі фази онтогенезу протягом одного вегетаційного періоду, не потребуючи періоду яровизації.

 *Температурні вимоги.* Ячмінь ярий – культура помірного клімату, добре пристосована до регіонів з коротким вегетаційним періодом і помірними температурами. Мінімальна температура проростання насіння становить $+1...+2^{\circ}\text{C}$, оптимальна $+10...+15^{\circ}\text{C}$. Молоді рослини здатні витримувати заморозки до -8°C , особливо у фазі сходів та кушіння, що дозволяє висівати культуру в ранні строки [2,28].

Найбільш критичними до температури є фази колосіння та наливу зерна, коли оптимальні температури мають становити $+18...+22^{\circ}\text{C}$. Високі температури в цей період (понад $+30^{\circ}\text{C}$) можуть призвести до погіршення якості зерна та зниження врожайності.

 *Вологозабезпечення.* За потребою у вологі ярий ячмінь поступається багатом зерновим, але має високу посухостійкість у другій половині вегетації завдяки добре розвиненій мічкуватій кореневій системі, яка здатна проникати до 120 см у глибину.

Найвища потреба у волозі спостерігається у фазах кушіння – вихід у трубку та колосіння, коли недостача вологі може істотно знизити кількість продуктивних стебел і зерен у колосі. Проте завдяки короткому вегетаційному періоду ярий ячмінь часто уникає літньої посухи, що робить його придатним для вирощування в посушливих районах або на бідніших ґрунтах [3,33].

 *Світловий режим.* Ячмінь ярий – типова рослина довгого дня. Інтенсивне наростання вегетативної маси та перехід до генеративних фаз чітко пов'язані з фотоперіодом. За умов недостатньої тривалості світлового дня (менше 12 годин) культура розвивається повільніше, формує менш продуктивні стебла та зменшується врожайність [14,27].

У зв'язку з цим ячмінь краще формує врожай у регіонах з довготривалим природним освітленням навесні та на початку літа – що характерно, зокрема, для Полісся та північного Лісостепу України.

 *Ґрунтові вимоги.* Культура відносно невибаглива до родючості ґрунтів, проте не переносить кислих умов. Оптимальним є нейтральне або слабкокисле середовище (рН 6,0–7,5). Найвищу врожайність ярий ячмінь формує на

структурних, добре дренованих чорноземах, дерново-підзолистих ґрунтах із середнім і високим вмістом гумусу.

Не придатними є перезволожені, важкі, глинисті та засолені ґрунти, де культура часто потерпає від кореневих гнилей та пригнічення росту [22,25].

 *Фізіолого-біохімічні властивості.* Культура має порівняно низьку фотосинтетичну продуктивність, однак характеризується високою економічністю використання поживних речовин і води. Відзначається швидким темпом розвитку, що дозволяє уникати багатьох хвороб і шкідників, а також формувати врожай до настання літньої спеки.

Завдяки короткому вегетаційному періоду ярий ячмінь широко використовується як страхова або післяжнивна культура. Його також вирощують у змішаних посівах із зернобобовими на зелений корм [6,14].

Отже, завдяки своїм біологічним властивостям – скоростиглості, відносній посухостійкості, холодостійкості та високій адаптивності – ярий ячмінь залишається однією з ключових культур у зерновому господарстві, особливо в районах ризикованого землеробства та на легких ґрунтах.

1.4 Господарське значення ячменю ярого

Ячмінь ярий (*Hordeum vulgare* L.) є однією з найважливіших зернових культур у світовому та вітчизняному сільському господарстві. Його цінність визначається не лише як високоврожайної та адаптованої до різних кліматичних умов культури, а й завдяки універсальності використання у харчовій, кормовій, технічній та пивоварній промисловості.

Продовольче значення. Хоча ячмінь поступається пшениці за хлібопекарськими якостями, він має велике значення у виробництві круп, зокрема перлової та ячмінної. Ці продукти є поживними, багатими на вуглеводи, мінеральні речовини (кальцій, фосфор, залізо), вітаміни групи В (В1, В2, РР) та харчові волокна.

У деяких країнах із традиційним раціоном ячмінь використовується як основна харчова культура. Також його додають до борошна для покращення харчової цінності сумішей при випіканні хліба (до 10–15%) [31,35].

Кормове значення. Ячмінь є однією з найцінніших фуражних культур. Його зерно містить: до 12–15% білка, до 75% вуглеводів та 1,5–2% жиру.

У подрібненому вигляді зерно ячменю є чудовим кормом для всіх видів сільськогосподарських тварин — особливо свиней (при беконній відгодівлі), птиці, великих та дрібних жуйних. З одного кілограма зерна отримують 1,21 кормових одиниць, що більше, ніж у вівса (1,0), жита (1,14) або проса (0,94). Крім того, у 100 кг соломи міститься близько 37 кормових одиниць [19-23].

Окрім зерна, солома і зелена маса ячменю є важливими компонентами в системі польового кормовиробництва. Ячмінь часто вирощують у змішаних посівах із бобовими культурами — вика яра, люпин, горох — для заготівлі сінажу або зеленої маси.

Технічне і пивоварне значення. Однією з найцінніших властивостей ячменю є його використання у пивоварній промисловості. Саме з зерна ячменю виготовляють солод — основну сировину для пивоваріння. При цьому використовують спеціальні пивоварні сорти, які мають:

- високий вміст крохмалю (не менше 65–68%),
- низький вміст білка (до 10%),
- хорошу виповненість і вирівняність зерна,
- низьку плівчастість.

Продукти переробки ячменю — пивна дробина, барда, солодовий концентрат — широко використовуються як білкові добавки у раціонах тварин.

Крім того, ячмінний солодовий екстракт має лікувальні та дієтичні властивості, що дає змогу використовувати його у фармацевтичній, кондитерській та хлібопекарській промисловості [12,19].

Агроекологічне значення. Ячмінь ярий є цінною культурою і з агротехнічної точки зору. Він має короткий вегетаційний період (60–100 діб), економно використовує вологу, стійкий до вилягання, звільняє поле раніше, ніж

інші культури, що дозволяє ефективно використовувати його як попередник для озимини або кормових бобових.

Культура також слугує страховим варіантом при пересіві озимини, що загинула після перезимівлі, і є придатною для двохурожайного землеробства в південних районах [24,25].

Отже, завдяки своїй агрономічній пластичності, короткому вегетаційному періоду, універсальному використанню, високій кормовій та продовольчій цінності, ярий ячмінь займає важливе місце як у національному аграрному секторі, так і в глобальному зерновому балансі. Він є ключовою культурою у забезпеченні продовольчої безпеки, тваринництва та експортного потенціалу України.

1.5 Вплив норми висіву насіння на врожайність ячменю ярого

Питання вибору оптимальної норми висіву є ключовим у технології вирощування ячменю ярого, адже саме від густоти стеблостою залежить повноцінне використання агрофонду, забезпечення рівномірного формування рослин, конкурентоздатність проти бур'янів і рівень реалізації генетичного потенціалу сорту. Багато дослідників звертають увагу на залежність ефективної норми висіву від ґрунтово-кліматичних умов, сорту, технології вирощування та рівня забезпечення мінерального живлення.

За умов достатнього зволоження і внесення повного мінерального живлення (NPK), оптимальною нормою висіву ячменю ярого є 4,0–4,5 млн схожих зерен/га. Саме при цій нормі спостерігається найкраще співвідношення між кількістю продуктивних стебел, колосків і масою зерна. Збільшення норми до 5,5 млн/га і більше призводить до ущільнення посівів, що знижує повітро- і світлопроникність, послаблює фотосинтетичну активність нижніх листків та ускладнює обробіток [8].

Вчені вказують на необхідність диференційованого підходу до норм висіву залежно від сортових особливостей. Для багатокущистих сортів ефективною є нижча густина – 3,5–4,0 млн/га, що сприяє повнішій реалізації здатності до

кущення. Для інтенсивних, короткостеблих, малокущистих сортів — норма повинна бути вищою: 4,5–5,5 млн/га [9].

В роки з дефіцитом вологи вища норма висіву (5,0–5,5 млн/га) може бути невиправданою, оскільки рослини не здатні забезпечити себе вологою, починають витягуватись, зменшується кількість зерен у колосі та маса 1000 зерен. Навпаки, у вологі роки нижча норма висіву може забезпечити достатній рівень продуктивного кущення і врожайність не поступатиметься високим нормам [10].

У дослідженнях багатьох вчених зазначено, що надмірне загущення посівів негативно впливає на фітосанітарний стан — зростає ураженість борошнистою росою, гельмінтоспоріозом, сажковими хворобами, особливо в роки з надмірною вологістю. Відповідно, дотримання оптимальної густоти є і профілактичним заходом у системі захисту рослин [11].

Ефективна норма висіву тісно пов'язана з типом ґрунту та зоною вирощування. У зоні Полісся, де переважають легкі дерново-підзолисті ґрунти з помірним зволоженням, норма 4,5 млн/га забезпечує оптимальне використання площі та формування рівномірного, неущільненого стеблостою [12].

Отже, норма висіву є важливим агротехнічним чинником, який значною мірою впливає на врожайність ячменю ярого. Оптимальна густота посіву забезпечує рівномірний розвиток рослин, кращу їхню фотосинтетичну активність і зменшує конкуренцію за поживні речовини та вологу. Занадто низька або надмірно висока норма висіву може призводити до зниження врожайності через недозавантаження площі або загущення посівів відповідно.

Дані численних досліджень вказують, що для досягнення максимального врожаю і ефективного використання ресурсів у зоні Полісся оптимальною є норма висіву насіння ячменю ярого в межах 4,0–5,0 млн схожих насінин на гектар. Такий підхід сприяє формуванню потужного кущіння, високої продуктивності та стійкості рослин до несприятливих умов [37,38].

Таким чином, дотримання рекомендованих норм висіву є одним із ключових факторів для підвищення ефективності вирощування ячменю ярого, що підтверджують як українські, так і зарубіжні наукові джерела [14,39].

РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА ОБ'ЄКТИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Місце та умови досліджень

Місце проведення досліджень. Дослід проводили упродовж 2024–2025 рр. в умовах ПП «Стародорогинське» Коростенського району Житомирської області.

Дослідна ділянка розташована в у зоні Полісся України, де переважають дерново-підзолисті ґрунти. Ці ґрунти сформувалися під природною рослинністю (лісами, луками) на легких піщаних і супіщаних породах за умов достатнього зволоження.

За морфологічною будовою ґрунт має слабо виражений гумусовий горизонт, під яким розташований характерний світлий підзолистий шар. Ґрунт має слабокислу реакцію середовища (рН водної витяжки – в межах 5,5–6,2), що частково обмежує доступність деяких поживних речовин, зокрема фосфору і мікроелементів.

За агрохімічними показниками ґрунт має наступний вміст рухомих форм основних поживних елементів: азоту – 74 мг/кг, фосфору – 85 мг/кг, калію – 80 мг/кг, такий рівень забезпеченості поживними речовинами є середнім, що потребує внесення мінеральних добрив для підвищення врожайності ячменю ярого.

Ґрунт має добру структуру і водоутримуючу здатність, але схильний до вимивання поживних речовин, особливо у верхньому шарі, що обумовлює необхідність застосування раціональної системи живлення.

Загалом, дерново-підзолистий ґрунт характеризується середнім рівнем природної родючості, потребує ретельного підходу до мінерального живлення та вапнування для нейтралізації кислотності. Такий ґрунт є чутливим до системи удобрення, тому є доцільним для дослідження впливу добрив на ріст, розвиток та продуктивність соняшнику.

Успішне вирощування ярого ячменю значною мірою залежить від погодних умов впродовж вегетаційного періоду. У 2024 та 2025 роках метеорологічна ситуація в зоні Полісся Житомирської області була загалом

сприятливою для розвитку культури, хоча окремі періоди характеризувалися погодними ризиками, які могли впливати на формування врожаю.

Зимово-весняний період обох років відзначався помірно м'якими зимами з відсутністю тривалих сильних морозів. Середні температури у лютому 2024 року перевищували кліматичну норму на 1,4 °C, що сприяло ранньому прогріванню ґрунту навесні. У період сівби ячменю (березень – початок квітня) спостерігалися сприятливі температурні умови, що забезпечили швидке проростання насіння та рівномірні сходи.

Упродовж вегетації (квітень–липень) середньодобові температури переважно відповідали або перевищували середньобагаторічні норми. У червні та липні 2025 року фіксувалися денні температури до +34–36 °C, що могло призводити до термічного стресу рослин у фазу колосіння та наливу зерна. Водночас, такі температурні умови сприяли активному фотосинтезу та розвитку рослин за умови достатнього зволоження.

Опади у зазначений період випадали нерівномірно. У травні та червні 2024 року їх кількість була достатньою для забезпечення оптимального вологозапасу в ґрунті. Проте в окремі періоди 2025 року, зокрема в кінці липня, на території області випало до 100 мм опадів за короткий проміжок часу (41–127% місячної норми), що викликало перезволоження ґрунту й місцями – полягання посівів. Подібні явища негативно впливали на доступ повітря до кореневої системи, створювали умови для розвитку грибкових захворювань і ускладнювали збиральну кампанію.

Осінній період у 2024 році видався теплим і тривалим, що забезпечило достатньо часу для завершення збирання врожаю без значних втрат. Тепла погода восени також сприяла кращому досягненню зерна.

Загалом, агрокліматичні умови 2024–2025 років у зоні Полісся Житомирської області були придатними для вирощування ярого ячменю. Позитивним фактором виступало раннє настання весни, достатнє вологозабезпечення на початку вегетації, а також стабільні температурні умови. Однак, підвищені температури у фазі наливу зерна та надмірні опади в окремі

періоди створювали певні загрози для формування врожаю, зокрема – можливість зниження маси тисячі зерен та погіршення якості продукції.

2.2 Методика та схема досліду

Програмою досліджень передбачено вивчення впливу різних норм висіву схожого насіння на ріст, розвиток та продуктивність ярого ячменю сорту *Вакула*. Для досягнення поставленої мети було закладено польовий дослід відповідно до загальноприйнятої методики ведення агрономічних досліджень.

Польовий дослід проводили у трикратній повторності, з систематичним розміщенням ділянок.

Схема досліду

Сорт	Норми висіву схожого насіння (млн. шт./га)
Вакула	3,5 млн шт./га
	4,5 млн шт./га
	5,5 млн шт./га

Дослідження проводилися на фоні внесення мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{50}K_{80}$. Попередником культури була озима пшениця. Сівба здійснювалася сівалкою СЗ-3,6 з глибиною загортання насіння 4–5 см. Площа облікової ділянки – 25 м².

Догляд за посівами здійснювався відповідно до загальноприйнятої технології вирощування ярого ячменю для умов Полісся. Упродовж вегетації проводили фенологічні спостереження, біометричні обліки, визначали показники структури врожаю, а також проводили контроль урожайності та якісних показників зерна.

Зібрані дані опрацьовували методом математико-статистичного аналізу для визначення достовірності результатів.

Характеристика сорту Вакула. Створений селекціонерами Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України. Це високоврожайний вітчизняний сорт інтенсивного типу, рекомендований для вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах України, зокрема в зоні Полісся.

Сорт Вакула належить до дворядних сортів, характеризується середньораннім строком достигання, міцним прямостоячим стеблом заввишки 60–75 см, що забезпечує добру стійкість до вилягання. Колос циліндричний, середньої щільності. Зерно велике, видовжене, світло-жовтого кольору, з масою 1000 зерен у межах 42–48 г.

Сорт добре адаптований до умов вирощування, демонструє високу пластичність і стабільну врожайність. За належного агрофону та догляду потенційна врожайність може досягати 6,5–7,0 т/га, тоді як у виробничих умовах в межах 3,5–5,5 т/га.

Ячмінь сорту Вакула має задовільну посухостійкість, відносну стійкість до основних хвороб (борошниста роса, сітчаста плямистість, іржа) та пристосованість до ранніх строків сівби. Придатний як для кормових, так і продовольчих цілей, а за відповідної якості зерна – для пивоварної промисловості.



Рис.2.1 Поле ячменю ярого в оптимальних агротехнічних умовах Полісся.

РОЗДІЛ III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Агроекологічна ефективність вирощування ячменю ярого

Для досягнення високої врожайності ячменю ярого вирішальне значення мають умови, у яких відбуваються основні фази його росту та розвитку — від проростання насіння до формування та досягання зерна. Ключовими чинниками, що визначають ефективність цих процесів, є наявність вологи, тепла, світла та поживних речовин у доступній формі. За оптимального поєднання цих умов рослини можуть повністю реалізувати свій біологічний потенціал. Проте, у природних умовах польового виробництва часто спостерігається дефіцит одного або кількох із зазначених факторів, що призводить до істотного зниження врожайності.

За даними різних дослідників, несприятливі погодні умови на критичних етапах розвитку ячменю можуть спричинити втрати врожаю до 45–50 % [38-40]. Уникнути цього частково можливо шляхом оптимального добору агротехнічних заходів, адаптованих до кліматичних умов конкретної зони вирощування.

Одним із найважливіших періодів у вирощуванні ярих зернових культур, зокрема ячменю ярого, є початковий етап – проростання насіння. Саме умови під час сівби суттєво впливають на схожість і формування майбутнього врожаю. Навіть насіння з високими лабораторними показниками енергії проростання за нестачею вологи в ґрунті може дати слабкі й нерівномірні сходи, що веде до зрідженості посівів, пригнічення ростових процесів та зниження врожайності.

За літературними даними, зниження польової схожості всього на 1 % внаслідок дефіциту ґрунтової вологи може призвести до втрати врожаю ячменю ярого на 0,15–0,20 т/га [23]. Оптимальна вологість посівного шару ґрунту в період набухання та проростання насіння повинна становити близько 70 % від повної вологоємності. Такі умови забезпечують високий рівень польової схожості, наближеної до лабораторної, сприяють дружним сходам та закладанню потенціалу високого врожаю.

Крім того, правильне визначення строків сівби та глибини загортання насіння з урахуванням вологості ґрунту є важливими елементами технології

вирощування. Недотримання цих вимог призводить до порушення початкового росту рослин, їхнього нерівномірного розвитку та, зрештою, зниження продуктивності культури.

Результати досліджень за 2024–2025 роки свідчать про те, що норма висіву суттєво впливає на показники польової схожості ячменю ярого.

У 2023 році найнижчу схожість (81,2 %) відмічено при висіві 3,5 млн схожих насінин/га. Зі збільшенням норми до 4,5 млн/га польова схожість зросла до 83,6 %, а при 5,5 млн/га становила 82,3 % (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

**Польова схожість ячменю ярого залежно від норми висіву, %
(2024–2025)**

Норми висіву, млн. сх. насінин/га	Роки дослідження		В середньому
	2024	2025	
3,5	81,2	83,8	82,5
4,5	83,6	86,9	85,25
5,5	82,3	85,3	83,8

У 2024 році спостерігалася аналогічна тенденція: максимальна схожість (86,9 %) зафіксована при нормі 4,5 млн/га, мінімальна при 3,5 млн/га (83,8 %). Варіант з нормою 5,5 млн/га забезпечив 85,3 % схожості.

У середньому за два роки найвищу польову схожість (85,25 %) забезпечила норма висіву 4,5 млн схожих насінин/га, що свідчить про оптимальне співвідношення між густотою посіву та умовами проростання. Зменшення або надмірне збільшення норми висіву призводило до незначного зниження схожості 82,5 % і 83,8 % відповідно.

Отже, норма висіву 4,5 млн сх. насінин/га є найбільш ефективною з точки зору забезпечення максимальної польової схожості.

Багатьма дослідженнями підтверджено, що норма висіву насіння істотно впливає на інтенсивність кущення ярих зернових культур. Зокрема, у дослідях П. Г. Іваненко встановлено, що при нормі висіву 3 млн схожих насінин/га коефіцієнт продуктивного кущення ячменю ярого становив 1,51, тоді як при збільшенні норми до 6 млн/га – знижувався до 1,12 [3]. Це пояснюється тим, що

в умовах зниженого загущення рослини мають більше простору для розгалуження.

Разом із тим, згідно з даними Держкомісії з випробування сортів сільськогосподарських культур, навіть високий рівень кущення не завжди здатен компенсувати недостатню густоту стеблостою при надто низьких нормах висіву [56]. Тому оптимальна густота посіву, як правило, забезпечує більш стабільне формування врожаю, ніж розрахунок на підвищене кущення.

При визначенні норми висіву доцільно враховувати сортові особливості: для сильно кущистих сортів норму можна дещо зменшувати, а для малокущистих, інтенсивного типу – збільшувати для забезпечення повноцінного стеблостою.

Таблиця демонструє взаємозв'язок між нормою висіву насіння, кількістю продуктивних стебел на метр і коефіцієнтом продуктивного кущення. Вона ілюструє, як збільшення кількості висіяного насіння на гектар впливає на розвиток рослин і їх продуктивність (рис. 3.1).

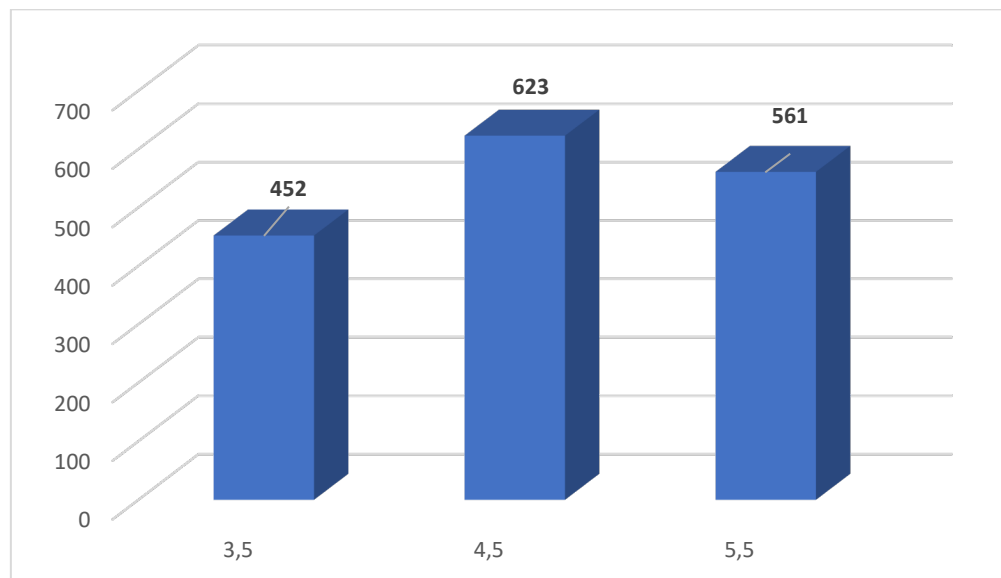


Рис. 3.1 Залежність кількості продуктивних стебел ячменю ярого від норми висіву (середнє 2024-2025)

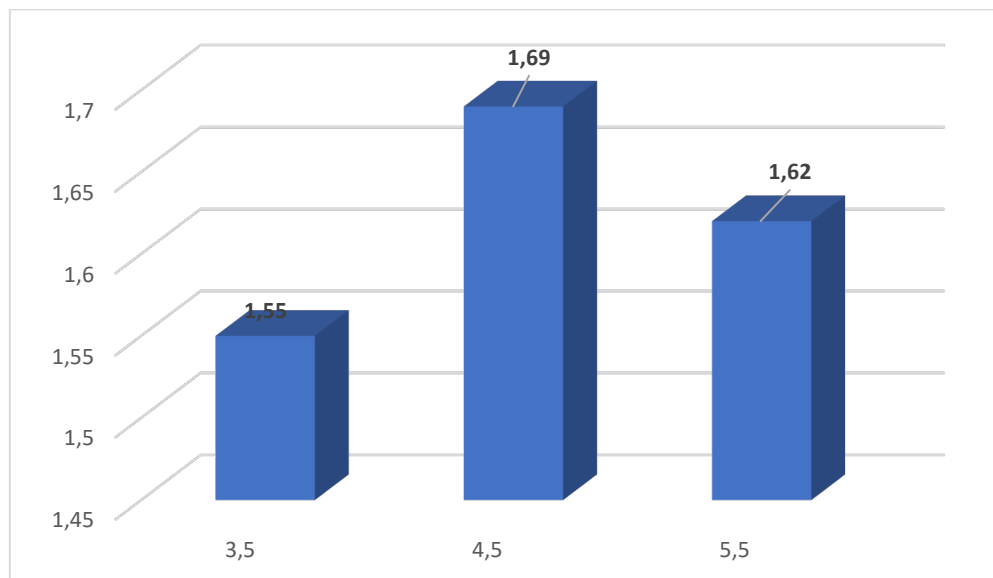
Рисунок демонструє залежність кількості продуктивних стебел на метр від норми висіву насіння (млн. шт./га). При нормі висіву 3,5 мільйона насінин на гектар спостерігається 452 продуктивних стебла на метр. Зі збільшенням норми висіву до 4,5 мільйона насінин кількість продуктивних стебел значно зростає і

досягає 623 шт./м. Проте подальше збільшення норми висіву до 5,5 мільйона насінин призводить до зменшення кількості продуктивних стебел до 561 шт./м.

Це може свідчити про те, що оптимальна норма висіву для максимального утворення продуктивних стебел знаходиться близько 4,5 млн. шт./га, тоді як надмірне збільшення норми висіву може викликати конкуренцію між рослинами і, як наслідок, зниження загальної кількості продуктивних стебел.

Таким чином, дані свідчать про складний вплив норми висіву на структуру рослинності: помірне збільшення норми висіву сприяє збільшенню загальної кількості продуктивних стебел, але надмірне підвищення норми може викликати конкуренцію і зменшення їх загальної кількості, при цьому підвищуючи продуктивність окремих кущів.

За результатами впливу різних норм висіву насіння на коефіцієнт продуктивного кушення, який відображає середню кількість продуктивних стебел, що утворює одна рослина. Цей показник є важливим для оцінки ефективності кушення і потенціалу врожайності культури (рис.3.2).



**Рис. 3.2 Залежність коефіцієнта продуктивного кушення ячменю
ярого від норми висіву (середнє 2024-2025)**

При найнижчій нормі висіву – 3,5 мільйона насінин на гектар, коефіцієнт продуктивного кушення становить 1,55. Це означає, що кожна рослина в середньому формує трохи більше одного продуктивного стебла, що є базовим рівнем продуктивності.

З підвищенням норми висіву до 4,5 мільйона насінин на гектар коефіцієнт продуктивного кущення збільшується до 1,69. Це свідчить про більш активне кущення рослин при помірному збільшенні густоти посіву. Рослини формують більше продуктивних стебел на одну особину, що може бути пов'язано з кращими умовами живлення та росту, а також оптимальним використанням простору.

Проте при подальшому збільшенні норми висіву до 5,5 мільйона насінин коефіцієнт продуктивного кущення знижується до 1,62. Це може бути пов'язано з тим, що при дуже густому посіві починається конкуренція між рослинами за ресурси, а саме: світло, воду, поживні речовини. В результаті окремі рослини мають менше можливостей для формування великої кількості продуктивних стебел.

Отже, найбільш ефективне кущення спостерігається при нормі висіву 4,5 млн насінин на гектар, що свідчить про оптимальне співвідношення густоти рослин і умов їх росту. Занадто низька або занадто висока норма висіву призводить до менш ефективного формування продуктивних стебел на одну рослину.

Продуктивність зелених рослин, зокрема сільськогосподарських культур, значною мірою визначається інтенсивністю фотосинтезу, на який впливають фактори навколишнього середовища – водний та повітряний режими, освітленість, температура, біологічні особливості сорту, а також розміри листового апарату та тривалість його функціонування. Ці показники залежать від агротехнічних прийомів, зокрема густоти посіву.

Як надмірна, так і недостатня площа листової поверхні може знижувати ефективність використання сонячної енергії. Хоча розвинене листя в загущених посівах краще поглинає світло, взаємозатінення прискорює відмирання нижніх листків і знижує загальну фотосинтетичну активність.

Ефективність вирощування ярого ячменю значною мірою залежить від правильного вибору норми висіву насіння, яка впливає на формування врожаю на різних етапах розвитку рослин. Від оптимальної густоти посіву залежить не

лише кількість продуктивних стебел, а й інтенсивність проходження ключових фаз розвитку культури, таких як кущення, вихід в трубку, викидання колоса та молочно–воскова стиглість.

Вивчення взаємозв'язку між нормою висіву та продуктивністю на кожному із цих етапів дозволяє визначити оптимальні умови для підвищення врожайності та якості зерна. У цьому контексті актуальним є аналіз показників продуктивності ячменю ярого за різних норм висіву на основі шкали фаз розвитку ВВСН.

Таблиця демонструє вплив різних норм висіву насіння (млн схожих насінин на гектар) на розподіл продуктивності або частки врожаю за основними фазами розвитку ярого ячменю (табл.3.3).

Таблиця 3.3

**Показники продуктивності ярого ячменю за норм висіву насіння у
різні фази розвитку**

Норми висіву, млн. схож. насінин/га	Фази розвитку			
	кущення	вихід в трубку	викидання колоса	молочно– воскова стиглість
3,5	10,8	24,2	37,9	20,3
4,5	13,0	27,3	46,0	21,9
5,5	12,4	26,5	43,8	20,4

Для норми висіву 3,5 млн насінин/га найбільша частка припадає на фазу викидання колоса – 37,9%, далі йде молочно-воскова стиглість з 20,3%, вихід в трубку – 24,2% та кущення – 10,8%.

При збільшенні норми висіву до 4,5 млн насінин/га спостерігається зростання показників у всіх фазах: кущення – 13,0%, вихід в трубку – 27,3%, викидання колоса – 46,0%, молочно-воскова стиглість – 21,9%. Це свідчить про підвищення продуктивності рослин при оптимальній густоті посіву.

Для норми 5,5 млн насінин/га частка в фазі кущення становить 12,4%, у фазі виходу в трубку – 26,5%, викидання колоса – 43,8%, молочно-воскової стиглості – 20,4%. Порівняно з 4,5 млн, тут спостерігається незначне зниження

показників, що може свідчити про початок конкуренції між рослинами при надмірній густоті.

Отже, оптимальною нормою висіву з точки зору розподілу продуктивності за фазами розвитку є 4,5 млн насінин/га, що забезпечує найбільші показники продуктивності на ключових етапах розвитку ячменю.

3.2 Формування елементів продуктивності ячменю ярого залежно від норми висіву.

Структура врожаю сільськогосподарських культур є одним із ключових показників їх продуктивності і характеризує розподіл біомаси та продуктивних органів рослини. Для ярого ячменю, як однієї з основних зернових культур, структура врожаю визначається такими складовими, як кількість і якість продуктивних стебел, листкова поверхня, довжина і маса колоса, а також маса і якість зерна. Розуміння особливостей формування цих складових дає змогу оцінити ефективність агротехнічних заходів і визначити оптимальні умови для підвищення врожайності культури.

Одним із важливих показників оцінки процесів росту і розвитку сільськогосподарських культур, у тому числі ярого ячменю, є висота рослин. Вона відображає надземну вегетативну масу, що формується завдяки апікальному або інтеркалярному типу росту стебла. Хоча висота є генетичною властивістю сорту, вона значною мірою залежить від умов вирощування, серед яких особливу роль відіграє норма висіву насіння, а також родючість ґрунту, водний режим, температурний режим та інші фактори.

Ріст у висоту у ярого ячменю проходить нерівномірно протягом вегетаційного періоду. Від фази кущення (стадії 20–29 за ВВСН) до виходу в трубку (стадії 30–39) висота рослин залишається приблизно стабільною. Найінтенсивніший приріст відбувається в період колосіння та цвітіння, коли формуються продуктивні органи та активно нарощується надземна маса. Після фази цвітіння і до молочно–воскової стиглості (стадії 73–77) ростові процеси поступово сповільнюються, що пов'язано з перенаправленням поживних речовин на формування і дозрівання зерна.

За результатами проведених досліджень встановлено, що висота рослин ячменю ярого змінюється залежно від норми висіву насіння. Оптимальна густота посіву сприяє кращому розвитку вегетативної маси, формуванню більшої кількості продуктивних стебел і, як наслідок, підвищенню врожайності. Водночас надмірно загущені посіви призводять до конкуренції між рослинами за світло, поживні речовини і воду, що знижує темпи росту і загальну продуктивність. Натомість рідкі посіви не забезпечують повного використання потенціалу площі.

За результатами наших досліджень висота рослин ярого ячменю значною мірою залежить від норми висіву насіння. За нормою висіву 3,5 млн схожих насінин на гектар середня висота рослин становить 62,5 см. При збільшенні норми висіву до 4,5 млн насінин/га висота рослин зростає до 73,6 см, що на 17,8% більше порівняно з мінімальною нормою 3,5 млн/га. Це свідчить про більш інтенсивний ріст і кращий розвиток рослин у посіві з оптимальною густотою (рис.3.3).

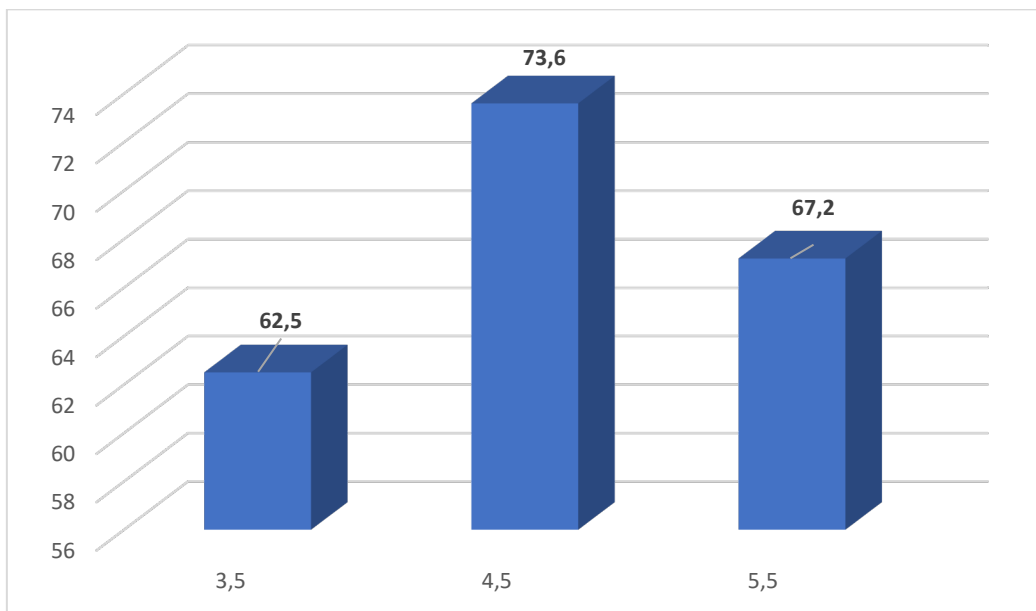


Рис. 3.3 Вплив норми висіву на висоту рослин ярого ячменю., см

Проте подальше підвищення норми висіву до 5,5 млн насінин/га призводить до зниження середньої висоти рослин до 67,2 см. Це на 8,7% менше у порівнянні з висотою рослин при нормі 4,5 млн/га, але на 7,5% більше за висоту при нормі 3,5 млн/га. Зниження висоти при найвищій нормі висіву, ймовірно,

пов'язане з посиленою конкуренцією між рослинами за світло, поживні речовини та вологу в умовах загущення.

Отже, серед трьох розглянутих норм висіву найвищу середню висоту рослин ячменю забезпечує норма 4,5 млн схожих насінин на гектар. Ця оптимальна густота створює умови для більш ефективного росту, зменшуючи конкуренцію і дозволяючи рослинам розвиватися максимально повно.

Довжина колоса є одним із ключових структурних показників врожайності зернових культур. За результатами проведених досліджень встановлено, що цей параметр перебуває у певній залежності від густоти стояння рослин на одиниці площі, що свідчить про вплив агротехнічних факторів на морфологічні характеристики культури.

Дані наших досліджень свідчать, що норма висіву насіння впливає на формування продуктивних показників ярого ячменю (табл.3.4)

Таблиця 3.4

**Вплив густоти посіву на продуктивність ячменю ярого
(середнє 2024-2025)**

Норми висіву	Кількість зерен в колосі	Довжина колоса, см	Маса зерна з колоса, г
3,5	21,4	10,0	0,92
4,5	22,0	10,8	0,96
5,5	21,0	9,7	0,85

При нормі висіву 3,5 млн схожих насінин на гектар середня кількість зерен у колосі становить 21,4, довжина колоса – 10,0 см, а маса зерна з одного колоса дорівнює 0,92 г. Збільшення норми висіву до 4,5 млн насінин/га призводить до незначного зростання кількості зерен у колосі до 22,0, а довжина колоса збільшується до 10,8 см. Маса зерна з колоса також зростає і становить 0,96 г, що свідчить про покращення продуктивності культури при оптимальній густоті.

Проте подальше збільшення норми висіву до 5,5 млн насінин/га спричиняє зниження всіх зазначених показників: кількість зерен у колосі зменшується до 21,0, довжина колоса скорочується до 9,7 см, а маса зерна з колоса знижується

до 0,85 г. Це може бути пов'язано з посиленою конкуренцією між рослинами в загущеному посіві, що негативно впливає на розвиток і продуктивність колосків.

Отже, оптимальною нормою висіву для максимального формування продуктивних показників ярого ячменю є 4,5 млн насінин на гектар.

3.3 Вплив різних норм висіву насіння на врожайність і якість зерна ячменю ярого

Головним критерієм оцінки ефективності технології вирощування сільськогосподарських культур є рівень їх врожайності, який найбільш комплексно відображає вплив досліджуваних факторів на складові структури врожаю. Врожайність значною мірою залежить як від гідротермічних умов навколишнього середовища в період вегетації, так і від агротехнічних прийомів, зокрема оптимальної норми висіву насіння. Проте, як відзначають окремі дослідники, збільшення одного з елементів врожайності часто супроводжується зменшенням іншого. Наприклад, недостатня кількість продуктивних стебел може бути компенсована збільшенням числа колосків у колосі [36]. Водночас більшість науковців сходяться на думці, що створення високопродуктивних посівів можливе лише за умови комплексного та ефективного впливу на всі склад.

Урожайність є одним із найважливіших показників ефективності сільськогосподарського виробництва, що відображає кінцевий результат впливу багатьох факторів – природних умов, генетичних особливостей культури та агротехнічних прийомів. Забезпечення високої врожайності є ключовим завданням для досягнення стабільного виробництва продовольства і підвищення економічної ефективності сільського господарства. У цьому контексті велике значення має правильний вибір норми висіву насіння, яка впливає на розвиток рослин, їх продуктивність та якість отриманого зерна. Аналіз залежності врожайності від густоти посіву дозволяє оптимізувати технологічні прийоми і підвищити загальну продуктивність посівів.

За результатами наших досліджень врожайність зерна ярого ячменю прийнято норму висіву 3,5 млн схожих насінин на гектар, при якій урожайність становить 2,5 т/га (табл. 3.5).

Збільшення норми висіву до 4,5 млн насінин на гектар призводить до зростання врожайності до 3,2 т/га, що становить 128% від базового рівня, або на 28% більше. Це свідчить про значний позитивний вплив підвищеної норми висіву на продуктивність культури.

Табл. 3.5

**Вплив норми висіву насіння на урожайність зерна ярого ячменю
(середнє 2024-2025)**

Норми висіву	Урожайність зерна, т/га	Відхилення	
		т/га	%
3,5	2,5	-	100
4,5	3,2	+0,7	128
5,5	2,8	+0,3	112

При подальшому збільшенні норми висіву до 5,5 млн насінин/га врожайність знижується до 2,8 т/га, що дорівнює 112% від базового рівня, або на 12% більше за мінімальну норму 3,5 млн. Проте це значення є меншим, ніж урожайність при нормі 4,5 млн насінин, що свідчить про можливі негативні наслідки загущення посівів на продуктивність.

Отже, з огляду на врожайність, оптимальною нормою висіву є 4,5 млн схожих насінин на гектар, оскільки вона забезпечує найбільший приріст урожаю порівняно з іншими варіантами.

Одним із ключових показників якості зерна ячменю є його натура – маса зерна, що поміщається в об'єм одного літра. Натура характеризує фізичні властивості зерна, такі як щільність, виповненість та шорсткість поверхні. Згідно з нормативними вимогами для пивоварної промисловості, цей показник повинен бути не менше 600 г/л. Вирівняність зерна має особливе значення для пивоварного ячменю, оскільки забезпечує рівномірне змочування і проростання під час технологічного процесу [32]. Варто зазначити, що дрібне, але добре виповнене зерно може забезпечувати таку ж або навіть більшу щільність

укладання, ніж зерно великого розміру, оскільки при однаковій питомій вазі забезпечує рівномірний або підвищений показник натури.

Дослідження впливу норми висіву насіння на фізичні показники зерна ярого ячменю показали, що маса 1000 зерен та натура зерна дещо змінюються залежно від густоти посіву. При нормі висіву 3,5 млн схожих насінин на гектар середня маса 1000 зерен становить 41,8 г, а натура зерна – 635 г/л (табл.3.6).

Таблиця 3.6

**Вплив густоти посіву на фізичні характеристики зерна ярого ячменю
(середнє 2024-2025)**

Норми висіву	Маса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л
3,5	41,8	635
4,5	42,3	645
5,5	40,6	639

Збільшення норми висіву до 4,5 млн насінин на гектар сприяє незначному зростанню маси 1000 зерен до 42,3 г, а натури до 645 г/л, що свідчить про покращення фізичних властивостей зерна.

Однак подальше підвищення норми висіву до 5,5 млн насінин на гектар призводить до зниження маси 1000 зерен до 40,6 г, хоча натура залишається на високому рівні 639 г/л. Це свідчить, що надмірне загущення посівів може негативно впливати на розмір і масу окремих зерен, водночас незначно впливаючи на щільність укладання зерна.

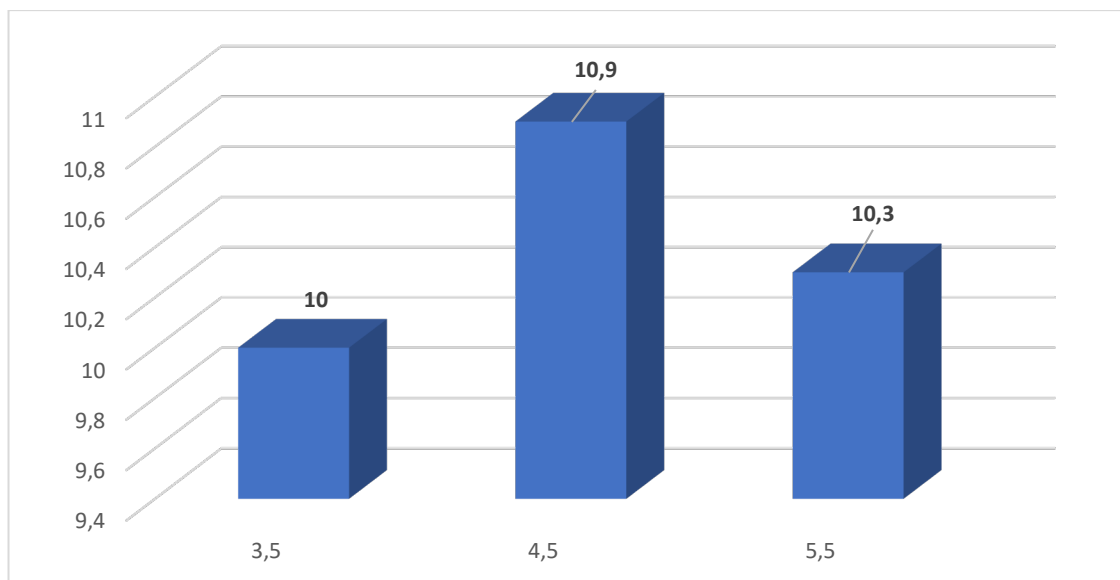
Таким чином, оптимальним варіантом з огляду на фізичні показники зерна є норма висіву 4,5 млн схожих насінин на гектар, яка забезпечує найбільшу масу 1000 зерен і найвищу натуру.

Одним із найважливіших показників якості зерна пивоварного ячменю є вміст сирого білка, оскільки саме цей показник суттєво впливає на технологічні властивості солоду та якість кінцевого продукту – пива. Оптимальний рівень білка в зерні забезпечує високу ферментативну активність під час солодоращення, сприяє кращому гідролізу крохмалю та білків і, як наслідок, дозволяє отримати пиво з добрими органолептичними властивостями, високою стабільністю та прозорістю.

Для пивоварних сортів ячменю вміст білка вважається оптимальним у межах 9,5–11,5%. Перевищення цього діапазону негативно впливає на якість пивоварної сировини: знижується вихід екстракту, ускладнюється фільтрація сусла, збільшується вміст білкових залишків, що погіршує смак і прозорість пива. Водночас занадто низький вміст білка може знижувати ферментативну активність солоду.

На білковий склад зерна впливають численні фактори, серед яких важливе значення мають сортові особливості, погодні умови вегетаційного періоду, рівень мінерального живлення, особливо азотного, а також агротехнічні прийоми, зокрема, норма висіву насіння. Дослідження впливу цих чинників дозволяє оптимізувати технологію вирощування пивоварного ячменю з метою отримання високоякісного зерна, яке відповідає стандартам солодової промисловості.

Дослідження показали, що норма висіву насіння має певний вплив на вміст білка в зерні ячменю ярого сорту пивоварного напрямку. При нормі висіву 3,5 млн схожих насінин/га, вміст білка становив 10,0 %, що відповідає оптимальним значенням для пивоварного ячменю (рис.3.4).



**Рис. 3.4 Вплив норми висіву на вміст білку ячменю ярого
(середнє 2024-2025)**

Найвищий показник вмісту білка зафіксовано при нормі 4,5 млн насінин/га та складає 10,9 %, що вказує на оптимальне співвідношення між густиною посіву

та доступністю елементів живлення. Такий рівень білка відповідає технологічним вимогам пивоварної галузі, забезпечуючи якісний солод і добру ферментативну активність.

За подальшого збільшення норми висіву до 5,5 млн насінин/га, вміст білка знизився до 10,3%, що, ймовірно, пов'язано з підвищеною конкуренцією за воду, поживні речовини, що дещо обмежує формування білкових сполук у зерні.

Отже, найбільший вміст білка спостерігався при нормі 4,5 млн схожих насінин/га. Проте всі варіанти знаходяться в межах, допустимих для пивоварного використання (9,5–11,5%), що свідчить про належну якість зерна за цим показником у межах досліджених варіантів норм висіву.

3.4 Економічна ефективність застосування різних норм висіву при вирощуванні ячменю ярого

Основною метою діяльності сільськогосподарських виробників є отримання високих врожаїв якісної продукції з максимальною економічною віддачею. Саме прибуток, як результат ефективного господарювання, забезпечує можливість впровадження сучасних технологій, оновлення матеріально-технічної бази, придбання високоякісного насіння та стимулювання продуктивності праці. Для досягнення цієї мети необхідно обирати оптимальні та економічно доцільні агротехнічні заходи, зокрема щодо вирощування польових культур, у тому числі ячменю ярого.

Проведення економічної оцінки застосування окремих технологічних прийомів дає змогу виявити внутрішні резерви підвищення ефективності виробництва, адаптувати систему вирощування до конкретних умов господарства та забезпечити її стабільну рентабельність у сучасному аграрному середовищі.

Економічна ефективність вирощування ячменю ярого сорту Вакула значною мірою залежить від норми висіву насіння, а також від ринкової ціни

зерна. При ціні зерна 7000 гривень за тонну проведено аналіз прибутковості та рентабельності різних норм висіву.

Норма висіву 3,5 мільйона насінин на гектар забезпечує урожайність 2,5 тонни з гектара, що при ціні 7000 грн/т дає валовий дохід 17 500 грн. Враховуючи витрати на вирощування в розмірі 16 000 грн/га, чистий прибуток становить 1 500 грн, а рентабельність складає 9,4%. Цей показник свідчить про невисоку економічну доцільність застосування такої норми висіву (табл.3.7)

Таблиця 3.7

Економічна ефективність застосування різних норм висіву при вирощуванні ячменю ярого (середнє 2024-2025)

Норма висіву	Урожайність, т/га	Дохід грн/га	Витрати грн/га	Прибуток грн/га	Рентабельність, %
3,5	2,5	17500	16000	1500	9,4
4,5	3,2	22400	17000	5400	31,8
5,5	2,8	19600	17500	2100	12,0

При збільшенні норми висіву до 4,5 мільйона насінин на гектар урожайність підвищується до 3,2 тонни на гектар, що відповідає валовому доходу 22 400 грн. Витрати на вирощування становлять 17 000 грн/га, внаслідок чого чистий прибуток зростає до 5 400 грн, а рентабельність сягає 31,8%. Таким чином, саме ця норма висіву є найбільш економічно вигідною і рекомендується для застосування в сучасних умовах.

Збільшення норми висіву до 5,5 мільйона насінин на гектар призводить до урожайності 2,8 тонни на гектар і валового доходу 19 600 грн. Однак через зростання витрат до 17 500 грн прибуток знижується до 2 100 грн, а рентабельність складає лише 12%. Це свідчить, що надмірне підвищення норми висіву не завжди виправдане з економічної точки зору.

Отже, аналіз показує, що оптимальна норма висіву ячменю ярого сорту Вакула за ціною зерна 7000 грн/т – це 4,5 мільйона насінин на гектар. Вона дозволяє отримати максимальний прибуток та забезпечує найкращу

рентабельність вирощування культури. При цьому важливо контролювати витрати на виробництво, адже навіть висока урожайність не гарантує прибутковості за умови значних затрат.

Рекомендується подальше впровадження цієї норми висіву в практику з метою підвищення економічної ефективності вирощування ярого ячменю в сучасних агровиробничих умовах.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі досліджено процеси росту, розвитку, формування врожайності та якості зерна ярого ячменю сорту Вакула, а також визначено вплив густоти стояння рослин на ці показники з урахуванням біологічних особливостей сорту. На основі проведених досліджень були зроблені такі основні висновки:

1. Висота рослин при нормі висіву 4,5 млн схожих насінин на гектар становила 73,6 см, що є найбільшим показником серед досліджених норм. Це на 17,6% перевищує висоту рослин за норми 3,5 млн (62,5 см) та на 9,5% – за 5,5 млн (67,2 см). Такий інтенсивний ріст свідчить про оптимальні умови формування вегетативної маси, що позитивно впливає на подальший розвиток рослини та формування врожаю.

2. Урожайність зерна була максимальна також при нормі висіву 4,5 млн насінин/га і становила 3,2 т/га. Порівняно з нормою 3,5 млн, урожай зріс на 28% (2,5 т/га), а порівняно з 5,5 млн – на 14% (2,8 т/га). Це свідчить, що оптимальна густота посіву сприяє більш ефективному використанню ресурсів ґрунту і середовища, а також кращому формуванню продуктивних стебел і колосків.

3. Маса 1000 зерен при 4,5 млн насінин була найвищою – 42,3 г, що перевищує показники для 3,5 млн (41,8 г) на 1,2% і для 5,5 млн (40,6 г) на 4,2%. Цей показник є важливим індикатором якості зерна, який відображає щільність, розвиток та повноту зернівок.

4. Вміст білку в зерні ячменю при нормі 4,5 млн насінин був найвищим і становив 11,3%. Це на 5,6% більше за вміст білку при нормі 3,5 млн (10,7%) і на 3,7% більше, ніж при 5,5 млн (10,9%). Вміст білку є ключовим показником харчової та технологічної цінності зерна, особливо для пивоварної та кормової галузей.

5. Економічна ефективність також була найбільшою при нормі висіву 4,5 млн насінин/га. Валова продукція за цієї норми становила 22 400 грн/га при собівартості виробництва 17 000 грн/га, що дало чистий прибуток 5 400 грн/га та рентабельність 31,8%.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для отримання високої врожайності, доброї якості зерна та економічної ефективності вирощування ярого ячменю сорту Вакула рекомендовано висівати 4,5 млн схожих насінин на гектар. Ця норма забезпечує найкращі показники за урожайністю (3,2 т/га), масою 1000 зерен (42,3 г), вмістом білку (11,3%) та прибутковістю. Виробництву слід дотримуватись збалансованої технології вирощування, включаючи контроль густоти посіву, оптимальне удобрення, захист рослин і використання якісного насіння, щоб реалізувати потенціал сорту в умовах Полісся.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Мойсеєнко В.І. Історія вирощування ячменю в Україні. Аграрна наука. 2019. Вип. 3. С. 45–52.
2. Ткаченко С.О., Петренко І.В. Біологічні особливості ячменю ярого. Київ, 2021. 120 с.
3. Державний аграрний портал України. Статистика вирощування ячменю ярого в Україні. URL: <http://agro.gov.ua>
4. Сидоренко В.М. Ячмінь: агротехніка та сорти. Харків: Аграрний університет, 2020. 135 с.
5. Коваленко І.В. Технології інтенсивного вирощування ячменю ярого. *Агронаука*. 2023. Т. 58, №2. С. 23-30.
6. Чумаченко О.П. Вплив агротехнічних заходів на урожайність ячменю. Львів, 2022. 98 с.
7. Власюк О. Ефективність біопрепаратів на посівах пшениці та ячменю ярого / О. Власюк *Агровісник Причорномор'я*. 2021. № 10. С. 15–20. https://agrovisnyk.com/index.php/agrovisnyk/article/view/2021_10_03.
8. Макуха О. В. Економічна ефективність застосування біопрепаратів при вирощуванні ячменю ярого. *Інноваційне садівництво, овочівництво та виноградарство*. 2021. № 20. С. 94–99. <https://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/148>.
9. Андрейченко О. Г., Колісник Н. С., Романенко О. С. Продуктивність рослин голозерного та плівчастого ячменю ярого залежно від застосування біопрепаратів і біологічно активних речовин. *Біологія та екологія*. 2013. № 3. С. 42–46. <https://journals.uran.ua/pbsd/article/view/59842>.
10. Григор'єва Т. М. Ефективність застосування мінеральних добрив у поєднанні з мікробними препаратами при вирощуванні ячменю ярого *Наукові записки*. Серія: Біологічні науки. 2020. № 3(183). С. 112–117. <https://smic.in.ua/index.php/journal/article/view/166>.
11. Єфремов І. С., Доля В. О. Дія біопрепарату Місго-1 на розвиток хвороб ячменю ярого. *Біологічні системи: теорія і практика*. 2017. Т. 5, № 1. С. 49–54. https://journals.uran.ua/sr_bio/article/view/99839.
12. Вплив регуляторів росту рослин на онтогенез сортів ячменю ярого / М. В. Горобець та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 1. С. 106–115. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.12>
13. Іщенко В. А. Вплив сортових особливостей та добрив на зернову продуктивність тритикале ярого. *Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*. 2023. № 34. С. 19–25. URL: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2021-1-2>

14. Короткова І. В., Горобець М. В., Чайка Т. О. Вплив стимуляторів росту на продуктивність сортів ячменю ярого. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2021. № 2. С. 20–30. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.02>
15. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Вплив підживлення азотними добривами на елементи структури урожаю та продуктивність ячменю ярого. Аграрні інновації. 2023. № 20. С. 56–61. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.20.9>
16. Положення про кваліфікаційні роботи у Житомирському національному агроекологічному університеті [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://znau.edu.ua/m-universitet/m-publichna-informatsiya>
17. Столяр С., Трембіцька О., Кропивницький Р. Кліматичні зміни та продуктивність фітоценозів : навчальний посібник. Житомир : Поліський національний університет, 2025. 286 с.
18. Рожков А. О., Гутянський Р. А. Динаміка формування площі листя рослин ячменю ярого залежно від впливу норми висіву та позакоренових підживлень. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2017. № 4. С. 32–37. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2017.04.05>
19. Формування популяцій фітопатогенів у листковому мікробіомі рослин ячменю ярого / Л. В. Гаврилюк та ін. Ukrainian Journal of Natural Sciences. 2024. № 8. С. 179–190. URL: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.8.2024.19>
20. Біорізноманіття дикорослих, лікарських і сільськогосподарських рослин-медоносів : навчальний посібник / С. Столяр, С. Журавель, О. Трембіцька, Р. Кропивницький, Т. Клименко / за редакцією С. Столяр, С. Журавля. Житомир : Поліський національний університет, 2024. 248 с.
21. Гамаюнова В. В., Бакланова Т. В., Кувшинова А. О., Касаткіна Т. О. Значення біопрепаратів в ефективному використанні вологи рослинами ячменю в умовах Південного Степу України. Global Science and education in the modern realities»: conferece proceedings august. Washington, USA 2020. № 1. Р. 171-174.
22. Serna-Díaz, M. G., et al. (2020). Use of barley straw as a support for production of *Trichoderma harzianum* conidiospores: substrate optimization for biopreparation manufacture. Journal of Biotechnology, 323, 1-9.
23. Backer, R. et al. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria: Mechanisms and commercialization. Frontiers in Plant Science, 9, 1473. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473>
24. Sorahinobar, M., et al. (2025). Multifaceted role of *Trichoderma harzianum* isolates in improving drought tolerance of barley via seed biopriming. Scientific Reports, 15, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-08922-2>

25. Hyles, J., Bloomfield, M. T., Hunt, J. R., Trethowan, R. M., & Trevaskis, B. (2020). Phenology and related traits for wheat adaptation. *Heredity*, 125(6), 417–430. <https://doi.org/10.1038/s41437-020-0320-1>
26. García G. A., Dreccer M. F., Miralles D. J., Serrago R. A. (2015). High night temperatures during grain number determination reduce wheat and barley grain yield: a field study. *Glob. Chang. Biol.* 21 4153–4164. 10.1111/gcb.13009
27. García G. A., Serrago R. A., Dreccer M. F., Miralles D. J. (2016). Post-anthesis warm nights reduce grain weight in field-grown wheat and barley. *Field Crop. Res.* 195 50–59. 10.1016/j.fcr.2016.06.00
28. Ленъ О. І. Ефективність технології вирощування ячменю ярого в умовах східного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2008. № 1. С. 159–161.
29. Giménez V. D., Miralles D. J., García G. A., Serrago R. A. (2021). Can crop management reduce the negative effects of warm nights on wheat yield? *Field Crop. Res.* 261:108010.
30. Ленъ О. І. Продуктивність ячменю ярого залежно від технології вирощування. Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату : *Міжнародна наук. практ. конф. молодих вчених і спеціалістів*. Дніпро, 2017. С. 117–119.
31. Gol L., Haraldsson E. B., von Korff M. (2021). Ppd-H1 integrates drought stress signals to control spike development and flowering time in barley. *J. Exp. Bot.* 72 122–136. 10.1093/jxb/eraa261
32. Most recent detection of invasive species *Erysiphe paltzewskii* (Jacz.) u. Braun et s. Takam. on *Robinia pseudoacacia* L. in Ukraine / M. M. Kliuchevych, S. H. Stoliar, P. Ya. Chumak, S. M. Vigera. *Modern Phytomorphology*. 2020. Vol. 14. P. 85–92.
33. Petcu, E., Văşilescu, L., & Ion, V. (2020). *Genotype, seed rate and climate conditions influence on winter barley agronomic performances*. *AgroLife Scientific Journal*, 9(2).
34. Khanal, R. et al. (2022). *Optimum seeding rates for hulless barley production in eastern Canada*. *Canadian Journal of Plant Science*, 102(6), 1177-1184.
35. Demirlicakmak, A., Kaufmann, M. L., & Johnson, L. P. V. (1963). *The influence of seed size and seeding rate on yield and yield components of barley*. *Canadian Journal of Plant Science*, 43(3), 330-337.
36. Calvi, A., Romeo, M., Badagliacca, G., & Bacchi, M. (2021). *Seeding Density and Nitrogen Fertilization Effects on Agronomic Responses of Some Hybrid Barley Lines in a Mediterranean Environment*. *Agronomy*, 11(10), 1942.
37. Bekele, S., Yoseph, T., & Ayalew, T. (2020). *Growth, Protein Content, Yield and Yield Components of Malt Barley Varieties in Response to Seeding Rate at*

Sinana District, Southeast Ethiopia. International Journal of Applied Agricultural Sciences, 6(4), 61-71.

38. Kamins'ka V., Buslaieva N. Productivity of spring barley depending on the weather conditions and the level of intensification of growing technology. *Visnyk agrarnoi nauky*. 2021. Vol. 99, no. 5. P. 30–37. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202105-04>

39. Prorochenko T. Economic efficiency of spring rape cultivation depending on the width between rows and seeding rate of seeds on typical chernozems. *Naukovi dopovidi Nacional'nogo universitetu bioresursiv i prirodokoristuvannâ Ukraini*. 2018. Vol. 2018, no. 3. URL: <https://doi.org/10.31548/dopovidi2018.03.021>